

Kapacitetsanalys av ett dagvattensystem
i
centrala Göteborg

Jan Olof Grönlund

Mats Larsson



Institutionen för Vattenbyggnad
Chalmers Tekniska Högskola

Department of Hydraulics
Chalmers University of Technology

KAPACITETSANALYS AV ETT DAGVATTENSYSTEM
I CENTRALA GÖTEBORG

Jan Olof Grönlund
Mats Larsson

Examensarbete 1982:1

Göteborg 1982

Adress: Institutionen för Vattenbyggnad
Chalmers Tekniska Högskola
412 96 Göteborg

Telefon: 031/81 01 00

FÖRORD

Denna rapport är ett examensarbete som utförts vid Institutionen för Vattenbyggnad, Chalmers Tekniska Högskola, Göteborg. Arbetet ingår som en del i det av BFR (Byggforskningsrådet) finansierade projektet "Optimering av avloppsledningar".

Som handledare har från Institutionen för Vattenbyggnad forskningsassistent Jan-Arne Nilsson och professor Anders Sjöberg medverkat.

Förutom handledarna har Håkan Strandner och Sven Lyngfelt varit oss till stor hjälp.

Göteborg i december 1982

Jan Olof Grönlund

Mats Larsson

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

Sid.

SAMMANFATTNING	1
1. Inledning	3
2. DAGVL-DIFF	5
3. Beskrivning av dagvattensystemet och avrinnings- området	7
4. Val av regn	11
5. Ytavrinningsberäkningen	14
5.1 Beskrivning av datormodellen STURE	14
5.2 Indelning i typregn och typområden	15
5.3 Anpassning av tid-area sambandet	19
6. Statistisk bearbetning	23
7. Dämningsberäkning genomförd med NIVANETT och DAGVL- DIFF	28
7.1 Inledning	28
7.2 Beskrivning av NIVANETT	28
7.3 VA-verkets utsortering av regn	31
7.4 Brunnsnivåernas variationer	32
7.5 Antalet översvämmade fastigheter	35
8. Resultat	37

	Sid.
BILAGOR	42
1 Fullständiga data för ledningssystemet och avrinningsområdet	42
2 Utdrag ur "Rainfall Data for the Design of Sewer Pipe systems	45
3 Beskrivning av typområden	48
4 Statistiska fördelningar över maximala flöden och maximala trycknivåer	50
5 Trycknivåer erhållna vid beräkning med NIVANETT och DAGVL-DIFF	60
FIGURFÖRTECKNING	62
TABELLFÖRTECKNING	63
REFERENSER	64

SAMMANFATTNING

Föreliggande examensarbete består av en datormodellbaserad funktionsanalys av ett dagvattensystem. Systemet kan anses vara en nydimensionering av det nu befintliga i området kring Västra Hamngatan, i centrala Göteborg.

Vid analysen av systemet har simuleringsmodellen DAGVL-DIFF använts. Denna modell beaktar dämning i ledningarna. Då ytavrinningsförloppet ej kan simuleras med DAGVL-DIFF, har tid-area sambandet i ILLUDAS använts. Valet att använda ytavrinningshydrografer enligt ILLUDAS gjordes på grund av att det finns ett konverteringsprogram, ILLDIFF, vilket ger en komplett uppsättning indata till DAGVL-DIFF. Indata omfattar även ytavrinningshydrograferna som beräknats med ILLUDAS. Tillrinnings-tiden i tid-area-sambandet har anpassats så att hydrograferna får en så bra överensstämmelse som möjligt till det verkliga fallet. Den hydrauliskt mer exakta ytavrinningsmodellen STURE användes för att erhålla de hydrografer till vilka tid-area-metoden anpassades. Syftet med detta var att kombinera en acceptabel tillrinningsdel med en noggrann metod vid ledningsflödesberäkningen för att erhålla ett så tillförlitligt resultat som möjligt.

Sedan körningarna med DAGVL-DIFF utförts har en statistisk bearbetning skett av både maximala flöden och maximala trycknivåer. Trycklinjerna med 1, 2, 5, 10, 25, 50 och 100 års återkomstperiod har konstruerats fram längs ledningsprofilen. Säkerheten kan alltså kollas för godtyckliga källarnivåer på olika platser i systemet.

Resultaten visar att det är i uppströmsbrunnarna som översvämning först inträffar. Om trycknivån tillåts nå markytan fås översvämning med en återkomstperiod av 7 - 8 år. För system dimensionerade för blockregn med 2 års återkomstperiod erhålls vid simuleringskörningarna med verkliga regn för flertalet ledningar en kortare återkomstperiod för Q_{kap} , dvs ledningskapaciteterna överskrids oftare än vartannat år. Återkomstperioden för Q_{kap} varierar från ledning till ledning längs ledningsprofilen med mellan ca: 1/2 och 5 år.

Avslutningsvis behandlar examensarbetet en uppskattning av antalet fastighetsöversvämningar för området kring Västra Hamngatan. Uppskattningen har gjorts av Va-verket med hjälp av NIVANETT. En motsvarande beräkning har häri utförts med hjälp DAGVL-DIFF för att få en uppfattning om skillnaderna av beräkningsresultaten modellerna emellan.

Undersökningen visar att det råder en relativt god överensstämmelse mellan modellerna, vad beträffar de maximala trycknivåerna under ett avrinningsförlopp då vattennivån nått ledningens hjässa och däröver. Båda metoderna ger dock betydligt fler årliga översvämningar än vad som förekommer i verkligheten.

1. INLEDNING

Dimensionering av dagvattensystem sker idag med hjälp av blockregn och så att trycklinjen ej tillåts nå över rörets hjässa. En viss nivå hos denna trycklinje antas således inträffa med i medeltal ett visst tidsintervall, den s k återkomstperioden eller återkomsttiden.

Rekommenderad återkomsttid för trycklinje i hjässnivå vid dimensionering av ledningssystem anges i tabell 1.1.

Tabell 1.1. Utdrag ur VAV P28 - Anvisningar för beräkning av allmänna avloppsledningar

Dimensionerande återkomsttid

Vid dimensionering bör egentligen dagvattenförande ledning beräknas för regn med olika återkomsttider och det regn som ger lägst totalkostnad för anläggning, drift och skador väljes som dimensionerande. I praktiken saknas oftast underlag för en sådan noggrann beräkning. Om inte annat kan visas vara riktigare bör följande återkomsttid väljas:

	Separerade system	Kombinerat system
Ej instängt område utom citybebyggelse	1 år	5 år
Ej instängt område inom citybebyggelse	2 år	5 år
Instängt område utom citybebyggelse	5 år	10 år
Instängt område inom citybebyggelse	5—10 år	10 år

I vissa fall behöver det dock inte vålla några problem om ledningarnas hjässnivåer överskrids. Detta beror givetvis på vilken typ av område som behandlas. I källarlösa bostadsområden kan man troligen utnyttja den säkerhetsmarginal som finns upp till marknivån, eller en del av denna. I områden med källare bör man däremot beakta ledningsnätets nivå i förhållande till källarens och dräneringens utformning innan man kan bedöma vid vilken brunnsnivå som risk för översvämning föreligger.

Återkomstperioden för dessa händelser då dämning föreligger till vissa nivåer i ledningssystemens brunnar har man som regel inte så mycket vetskap om.

I denna rapport har en dämninganalys gjorts av ett dagvattensystem med hjälp av DAGVL-DIFF. Vid denna analys har verkliga regn använts och trycknivån i brunnarna har tillåtits överskrida ledningens hjässnivåer. Härvid har undersökts hur återkomstperioden förändras då man tillåter vissa dämningnivåer. Den statistiska analysen har utförts på både de maximala flödena och de maximala trycknivåerna som registrerats under varje enskilt regn. Vid dimensionering av ledningssystem är det av naturliga skäl flödet som är den styrande parametern i fråga om ledningarnas dimensioner och lutningar. När man genomför en simulering kommer däremot trycknivåerna att spegla hurpass väl systemet fungerar.

Sambandet mellan trycknivåer och flöden under ett avrinningsförlopp framstår som tämligen komplicerat. Detta på grund av att man då dämning föreligger i en ledning båda ändar kan få flöden som är både större och mindre än den egentliga kapaciteten, vilket beror på att det är trycklinjens lutning som bestämmer flödets storlek.

2. DAGVL-DIFF

DAGVL-DIFF är en beräkningsmodell som beaktar dämning vid beräkningar av flöden och trycknivåer. Denna modell är en något förenklad variant av DAGVL-A, vilken är framtagen av Anders Sjöberg vid institutionen för Vattenbyggnad, CTH. Dimensionering av ledningsnät kan ej utföras med hjälp av denna modell utan den är utformad för att analysera redan befintliga ledningssystem. Modellen saknar rutin för ytavrinningsberäkning, i de fall man önskar använda sig av verkliga historiska regn, varför denna måste genomföras med någon annan modell, t ex ILLUDAS, för att sedan ge inkommande hydrografer som indata till knutpunkterna och/eller längs ledningarna.

Vidare krävs basflöden i ledningarna för att man skall undvika numeriska oegentligheter vid flödesberäkningarna. Då det är önskvärt med så små basflöden som möjligt, bestäms dessa genom att prova sig fram till ett lämpligt basflöde för modellen. Basflödet bör dock ej vara större än 5% av ledningskapaciteten.

Grundekvationerna för DAGVL-A är

$$\frac{\partial Q}{\partial x} + B \frac{\partial Y}{\partial t} = q \quad (2:1)$$

$$\frac{1}{g} \frac{\partial V}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(Y + \frac{v^2}{2g} \right) = I_o - I_f \quad (2:2)$$

$$\{ B = gA_o/a^2; A_o = \pi d^2/4 \}$$

Genom att försumma tidsderivatan och konvektiva termen i ekv. 2:2 fås rimliga lösningar även vid vattensprång. Beräkningen utförs dock utan hänsyn till själva språnget.

Rörelseekvationens utseende blir då följande.

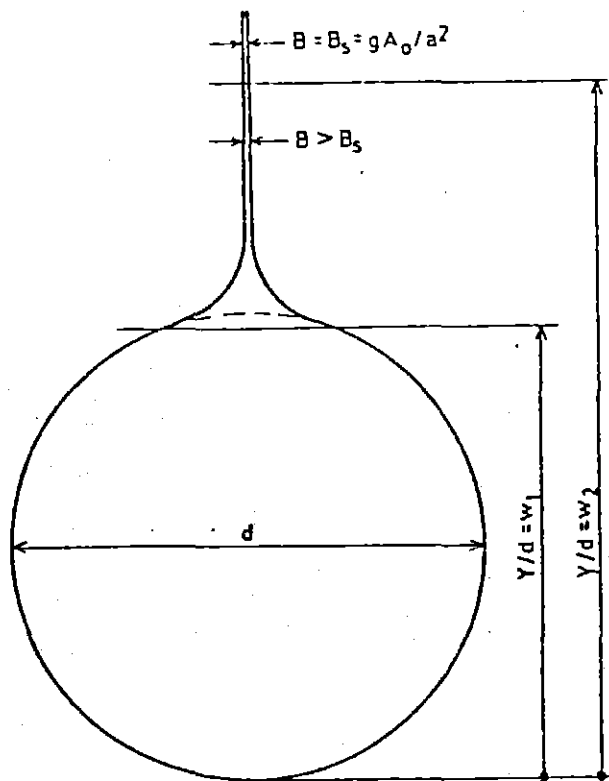
$$\frac{\partial Y}{\partial x} = I_o - I_f \quad (2:3)$$

medan kontinuitetsekvationen är oförändrad.

$$\frac{\partial Q}{\partial x} + B \frac{\partial Y}{\partial t} = q \quad (2:4)$$

där Q = flödet
 Y = vattendjupet
 x = koordinat i flödesriktningen
 t = tid
 B = bredd
 q = inflöde längs ledningen
 I_o = ledningens lutning
 I_f = vattenytans lutning

Flödesberäkningen i denna modell sker under förutsättning av fri vattenyta (kanalströmning). Analogi mellan strömning med fri vattenyta och i helt fylld ledning erhålles genom införande av en smal fiktiv spalt i rørets hjässa, se figur 2.1.



Figur 2.1 Preissman-spalten vilken används i DAGVL-A och DAGVL-DIFF

Bredden hos denna spalt karakteriserar de elastiska egenskaperna hos vattnet och ledningens väggar. Se Sjöberg (3).

3. BESKRIVNING AV DAGVATTENSYSTEMET OCH AVRINNINGSSOMRÅDET

Dagvattensystemet som analyserats har valts ut i samråd med VA-verket i Göteborg och är beläget inom vallgravarna i centrala Göteborg, se karta figur 3.1.

Arean av det totala avrinningsområdet är 10,15 Ha. Området är uppdelat i 27 delområden och ett delområde är anslutet till varje knutpunkt av ledningsnätet. Delområdenas storlek varierar mellan 0,15 - 0,70 ha, varför dessa kan betraktas som relativt små. Avrinningsområdet består mestadels av hårdgjorda ytor (asfalterade ytor, takytor m m) vilka är att betrakta som impermeabla.

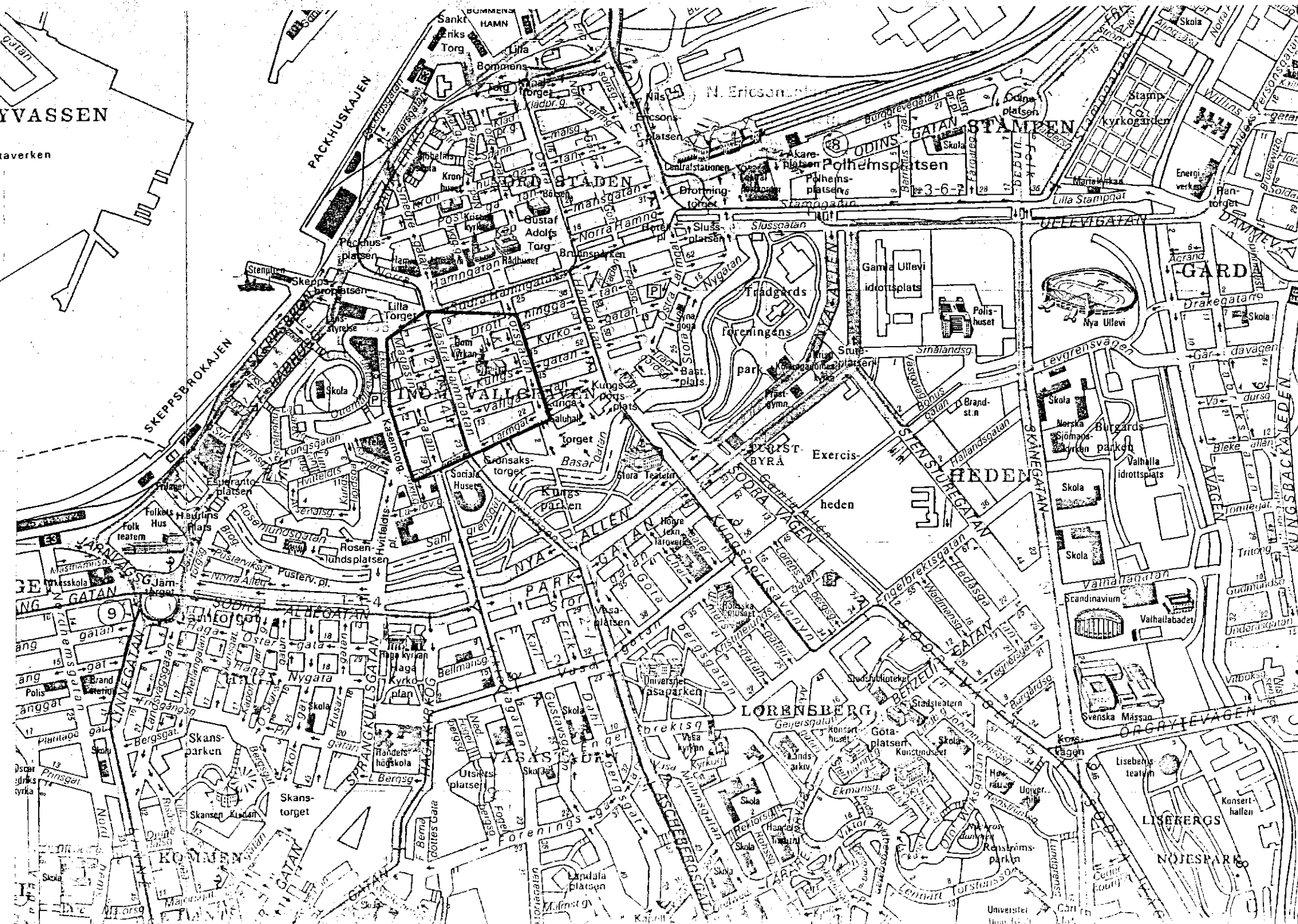
Nivåskillnaderna inom hela avrinningsområdet är små. Största differensen mellan marknivåerna vid brunnarna för hela området är 0,6 m. Den längsta ledningskedjan är 465 m.

Dagvattensystemet skall vara en förbättring av det nu befintliga ledningsnätet vid Västra Hamngatan. Om VA-verket fick i uppdrag att åtgärda det nu befintliga systemet skulle det nya ledningsnätet mycket väl kunna tänkas få den utformning som här beskrivs. Omdimensioneringen av systemet har skett med hjälp av datormodellen NIVANETT och har utförts av VA-verket. Ett blockregn med återkomsttiden 2 år (2 min. t_c , 10 min. var) har använts vid denna omdimensionering. Den principiella uppbyggnaden av ledningsnätet framgår enligt följande; En huvudledningssträcka ligger längs Västra Hamngatan, se figur 3.2, och har sitt utlopp i Stora Hamnkanalen. Utloppet anses ligga på en sådan nivå att dämning från kanalen aldrig kan komma i fråga. Lutningen för varje ledning är cirka 1 o/oo och ledningsdimensionerna varierar från 225 mm vid den översta ledningen till 1200 mm för utloppsledningen. Lutningarna samt dimensionerna motsvarar ledningskapaciteter mellan 33 l/s och 1314 l/s.

BYVASSEN

Götaverken

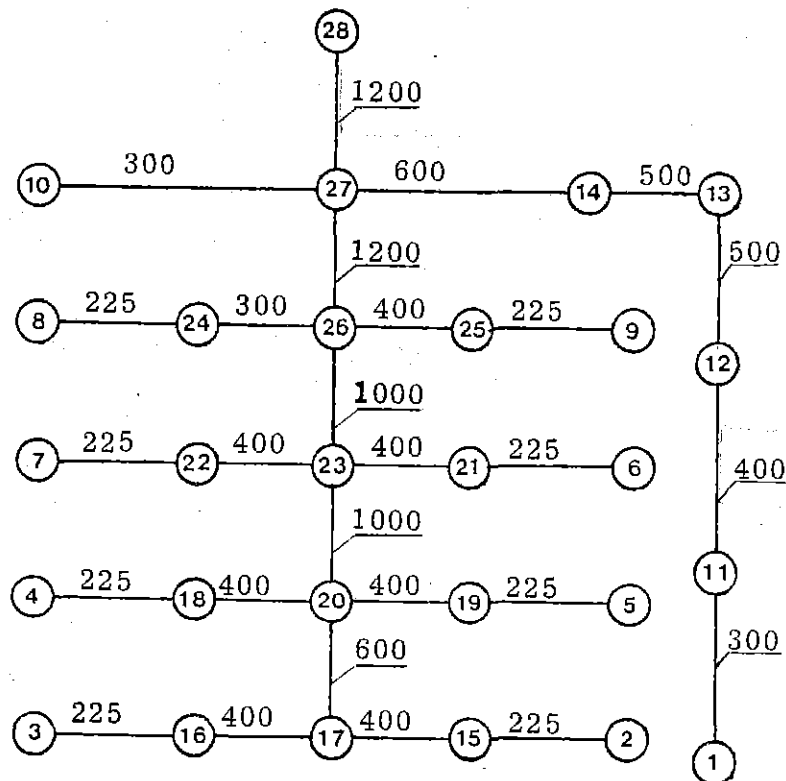
Figur 3:1 Kartla över Göteborgs centrum





Figur 3.2 Avrinningsområde samt ledningsnät

Till ledningssträckan längs Västra Hamngatan anslutes 10 inkommande delgrenar i 5 knutpunkter. Totalt finns 27 ledningssträckor samt lika många brunnar. Punkt nummer 28 saknar tillrinningsområde och utgör själva utloppet, se figur 3.3. Av samma figur framgår även den gjorda numreringen av ledningsnätet för datormodellen DAGVL-DIFF samt dimensionerna för de olika ledningarna i systemet.



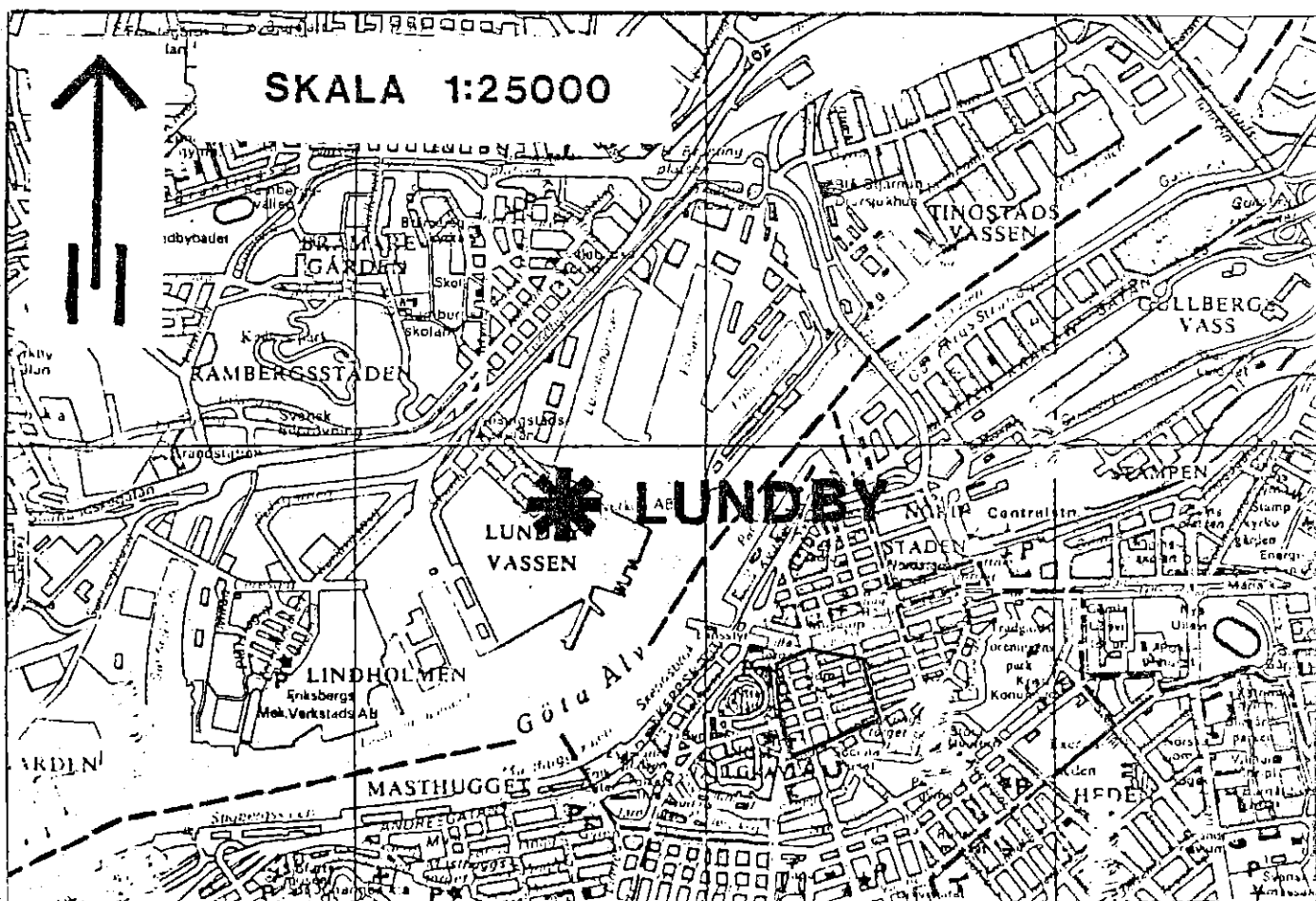
Figur 3.3 Ledningsnätets uppbyggnad och dimensioner samt numrering enligt DAGVL-DIFF

Fullständiga data för ledningsnätet såsom längd, lutning, dimensioner m m anges i bilaga 1. I denna framgår även storleken hos de olika delområdena samt antalet fastigheter som tillhör respektive delområde.

4. VAL AV REGN

I den gjorda analysen av dagvattensystemet med hjälp av DAGVL-DIFF har verkliga uppmätta regn använts. Dessa har framtagits ur nederbördsdata från Lundby mätstation. Denna var belägen vid en avloppspumpstation som nu ligger inne på Göta-verkens område vid Lundbyhamnen, se karta figur 4.1.

Mätserien startade 1920 och avslutades 1955.



Figur 4.1 Lundby mätstation

Regnmängderna har hämtats ur en 18 års-serie som omfattar tidsperioden 1921 - 1939 med undantag av år 1922. Detta är ett skkastat år, det vill säga ett år där ett stort antal mätningar visat sig vara oegentliga eller saknats helt.

Som definition av ett oberoende regn har använts samma kriterier som i Rainfall Data for the Design of Sewer Pipe Systems (1). Det krävs ett upphåll på 4 h mellan två regn för att dessa skall betraktas som oberoende.

Ett regn definieras som en serie av intensitetsvärden där

- a) intensiteten ≥ 0.1 mm/h
- b) intensiteter ≤ 0.1 mm/h är tillåtet under en maximal tid av 4 timmar inom regnet
- c) totala varaktigheten av regnet ≥ 2 min
- d) totala volymen av regnet ≥ 0.5 mm

För att på ett relativt säkert sätt välja ut de regn, som kunde misstänkas ge de största flödena och trycknivåerna i brunnarna, användes Rainfall Data ... (1) som hjälpmedel. I denna avhandling har tre olika system (Bersjön, Linkp 1 och Linkp 2) analyserats med dessa Lundby-regn. För de tre områdena finns ledningarnas max-flöden rangordnade och tillskrivna en återkomsttid. Även flödenas motsvarighet i regn finns angivna, se bilaga 2.

Samtliga regn som gav flöden med en återkomsttid av 1.25 år eller längre för de tre områdena valdes ut, för denna analys så att det statistiska underlaget skulle bli så bra som möjligt. Totalt sett fanns där 31 olika regn som kunde misstänkas ge de största flödena. I tabell 4.1 anges de regn som valts ut och använts vid analysen. Genom det urvalsförfarande som använts har antagits att de regn som sorterats ut även ger upphov till de största trycknivåerna i brunnarna.

TABELL 4.1 Lundby-regn

REGN	NR	DATUM
1	475	24 07 27
2	493	24 09 09
3	596	25 07 26
4	619	25 09 05
5	620	25 09 06
6	759	26 10 09
7	885	27 07 15
8	893	27 08 12
9	900	27 09 09
10	1023	28 08 16
11	1024	28 08 17
12	1036	28 09 11
13	1249	30 05 25
14	1265	30 07 16
15	1282	30 08 13
16	1432	31 08 09
17	1445	31 08 22
18	1541	32 07 13
19	1568	32 09 03
20	1668	33 07 11
21	1669	33 07 12
22	1759	34 05 21
23	1778	34 08 01
24	1905	35 06 25
25	1909	35 07 21
26	2025	36 06 22
27	2171	37 07 12
28	2280	38 08 12
29	2302	38 09 20
30	2397	39 06 18
31	2411	39 07 17

5. YTAVRINNINGSBERÄKNING

5.1 Beskrivning av Datormodellen STURE

STURE är en datormodell som beräknar ytavrinningen för ett område med mycket god noggrannhet, då man har tillgång till detaljerade indata. Modellen är utvecklad av Sven Lyngfelt vid institutionen för Vattenbyggnad, Chalmers Tekniska Högskola.

Modellens beräkningsprincip bygger på en kinematisk våg. En förändring av flödet i ett system kan betraktas som en vågrörelse. Denna vågrörelses fortplantningshastighet är skild från (vanligen större än) flödets medelhastighet. Den sk kinematiska vågens hastighet har visats vara en god approximation av våghastigheten vid ytavrinning och i dagvattensystem.

En kinematisk våg beskrivs av följande ekvationer.

$$\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = q \quad (5:1)$$

$$Q = a(A_n)^b \quad (5:2)$$

där Q = flöde, A = flödets tvärsnittsarea, q = lateralt inflöde.

I detta fall används Mannings formel. Ekvation (5:2) kan då skrivas

$$Q = M \cdot A \cdot R^{2/3} \cdot I_o^{1/2} \quad (5:3)$$

där M = Mannings tal, R = hydraulisk radie, I_o = bottenlutning.

Ekvation (5:1) approximeras med finit differensmetod enligt sk boxschema. Dessutom antages vattendjupet vara konstant i flödesriktningen för varje delsträcka.

Då fås slutligen

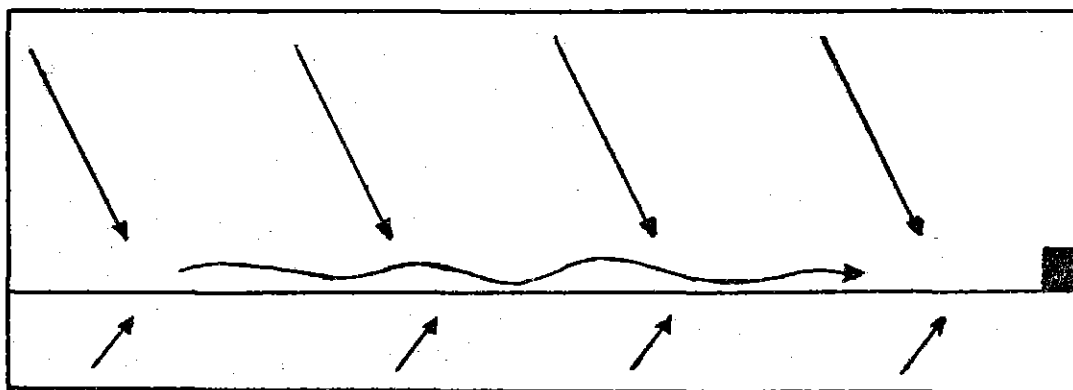
$$Q_{ut}^{m+1} + A_n^{m+1} \frac{2L_0}{\Delta t} + Q_{in}^m + Q_{in}^{M+1} - Q_{ut}^m \quad (5:4)$$

$$Q_{ut} = I_0^{1/2} \cdot M \cdot (A_n)^{5/3} \quad (5:5)$$

Ur dessa beräknas utflödet, Q_{ut} , vid tiden $t+\Delta t$ successivt. Se (3), (4) och (5).

Avrinningsområdet finindelas i ytor med enhetliga egenskaper såsom lutning och ytstruktur. Dessa parametrar ges som indata.

Ytavrinningsberäkningen sker på följande sätt; Delytornas avrinning beräknas med regnets intensitet som indata. Därefter beräknas avrinningen i rännstenen med regnets intensitet samt inflödet från delytorna längs rännstenen som indata. Utflödet från rännstenen ansluts via verkliga eller fiktiva brunnar till ledningsnätet, se figur 5.1.



Figur 5.1. Ytavrinning enligt STURE

5.2 Indelning i typregn och typområden

De med STURE resulterande avrinningshydrograferna bör överensstämma bättre med verkligheten än de med ILLUDAS och NIVANETT erhållna resultaten. Målet här var att försöka utvärdera hur bra eller dåligt en tid-area-metod stämmer överens med den i STURE använda beräkningsmetoden.

Totalt består området av 27 delområden. Eftersom flera av dessa var nära identiska till form och storlek, har endast 8 s k typområden använts vid beräkningarna med STURE. Indelningsprinciperna grundar sig på antalet gator och takytor. I de fall där antalet gator och takytor var samma typområdena emellan har områdets storlek samt servisledningens längd bedömts vara det som skiljt ytorna åt. I tabell 5.1 redovisas typområdena schematiskt.

TABELL 5.1 TYPOMRÅDEN

TYP	AREA (ha)	ANTAL		RINNLÄNGD (m)
		Gator	Takytor	
1	0.25	1	2	46
2	0.35	1	2	58
3	0.25	1	2*	45
4	0.35	2	2	50
5	0.70	4	4	55
6	0.60	3	2	42
7	0.35	2	2	50
8	0.15	2	1	43

*) Detta område har en kortare servisledning än område (1)

Samtliga delområdets typtillhörighet finns redovisade i bilaga 3.

För att anpassningen till ILLUDAS inte skulle bli alltför omfattande samt för att minska antalet körningar med STURE delades regnen in i 4 grupper. Genom detta förfarande begränsades beräkningarna till att omfatta 4 regn, (ett från varje grupp) dvs totalt krävdes 32 STURE-körningar.

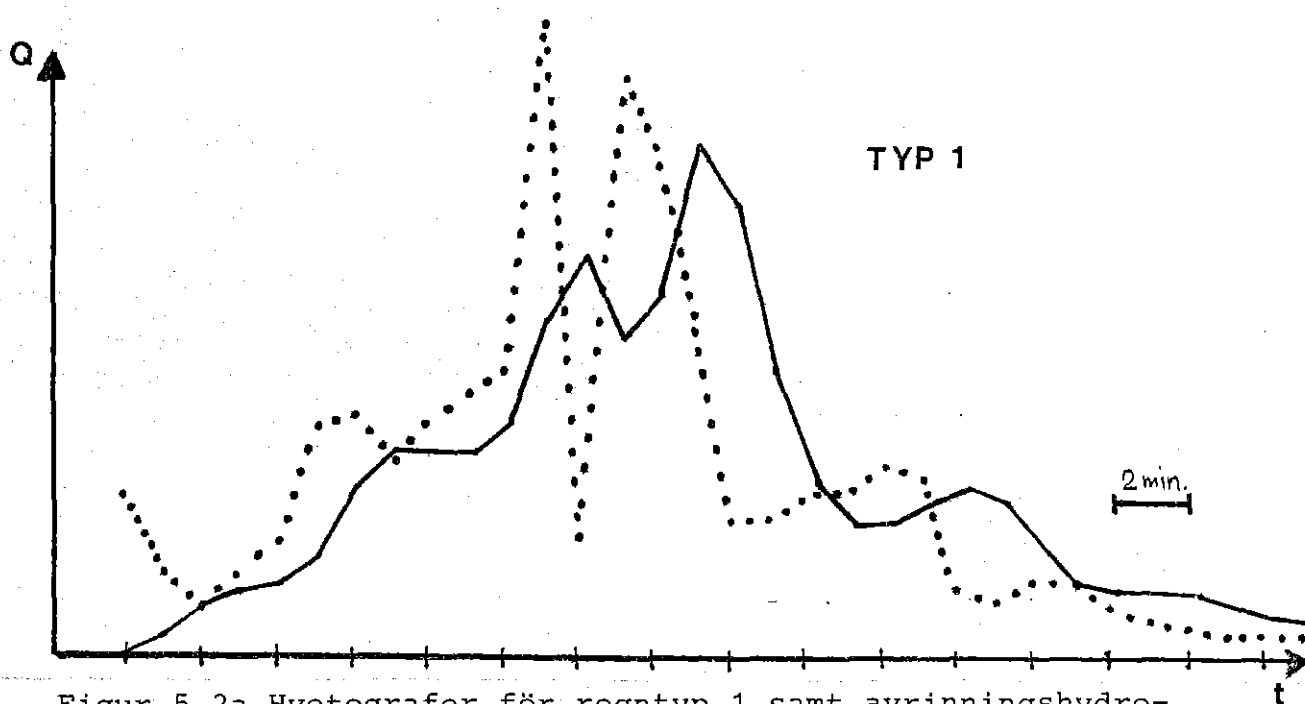
Indelningen av regnen i grupper skedde visuellt ur regndata. Hyetograferna fanns plottade i tidsföljd och nummerordning. Härvid togs hänsyn till regnens varaktighet och intensitetstidsförlopp, dvs formen hos regnhyetograferna. I tabell 5.2 redovisas gruppindelningen av regnen samt de regn som använts vid beräkningarna med STURE.

TABELL 5.2 Indelning av typregn (regn nr.)

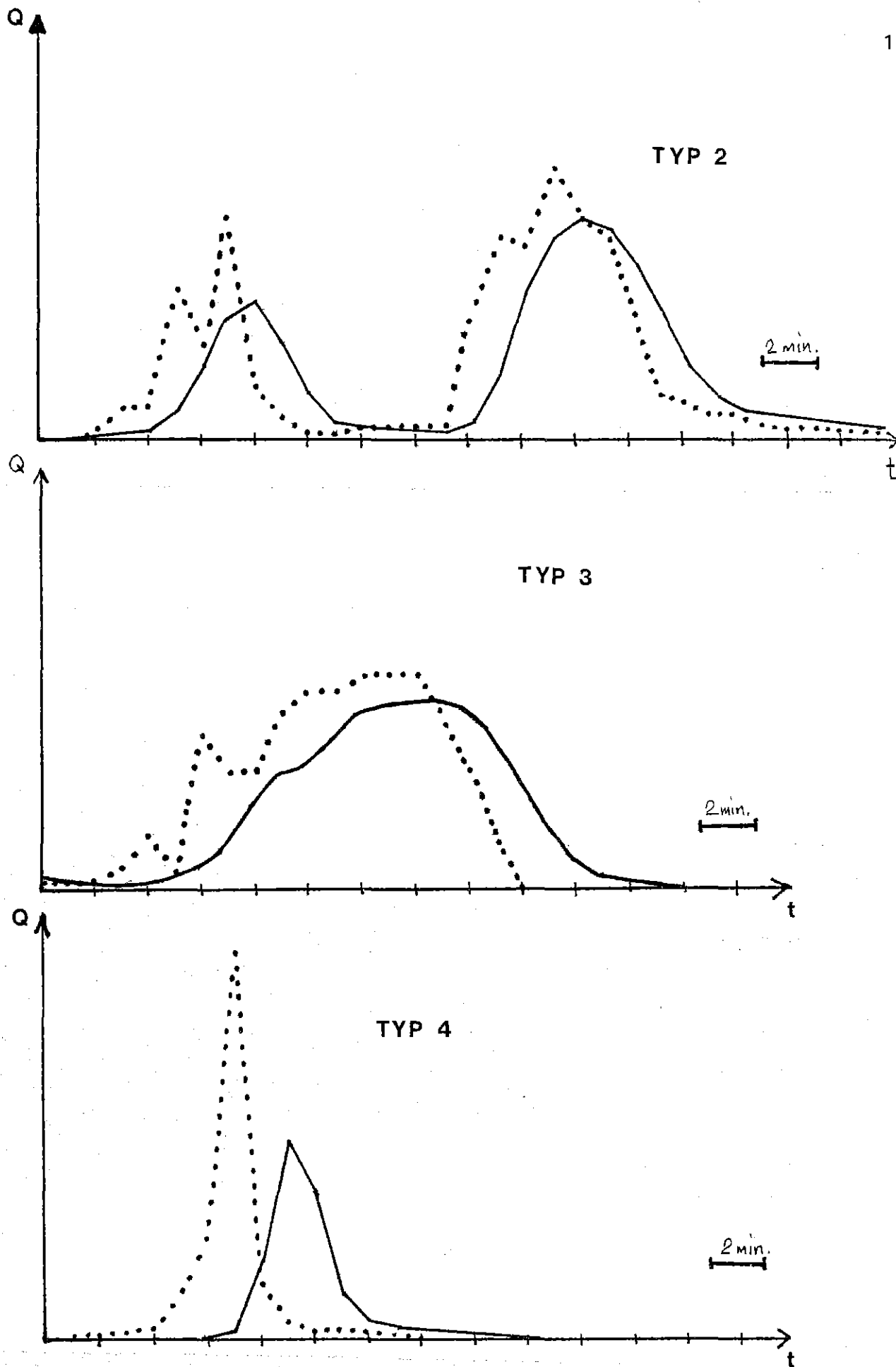
Typ 1	Typ 2	Typ 3	Typ 4
596	493	475	619-x
759	620-x	893	900
885	1023	1024	1759
1036	1282	1249	
1669	1432	1265	
1909	1445	1778-x	
2025-x	1541	1905	
2171	1568	2280	
	1668	2397	
	2302		
	2411		

De markerade regnen användes vid beräkningarna med STURE.

Typregnen samt avrinningshydrograferas form och utseende visas i figur 5.2. Hydrograferna har beräknats med den "förbättrade" ILLUDAS-varianten. Förbättringen har skett genom att vissa avrinningsparametrar har ändrats. Hur anpassningen gått till i detalj framgår ur kommande avsnitt 5.3.



Figur 5.2a Hyetografer för regntyp 1 samt avrinningshydrograf för delområdet typ (1). Avrinningshydrograferna är beräknade med den anpassade tid-area metoden.



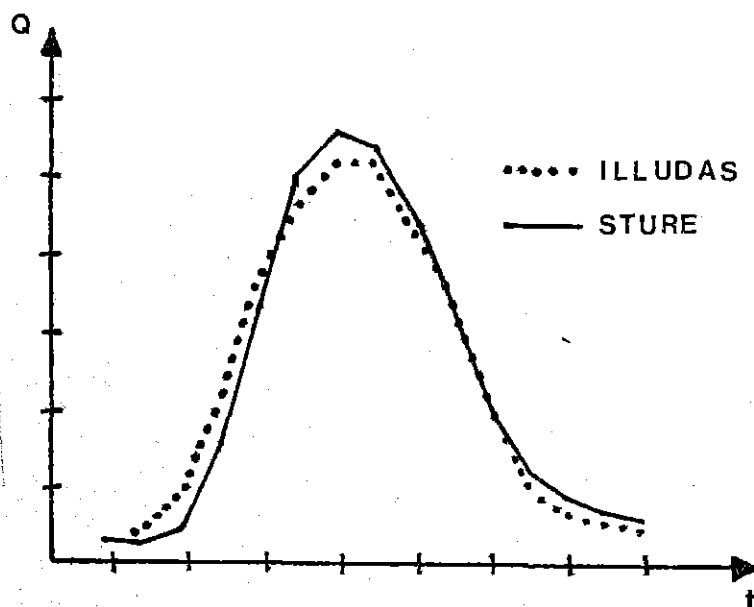
Figur 5.2b Hyetografer för regntyp 2, 3 och 4 samt avrinningshydrograf för delområdets typ (1). Avrinningshydrograferna är beräknade med den anpassade tid-area metoden

5.3 Anpassning av tid-area-sambandet

Ett konverteringsprogram finns som gör det lätt att utföra tillrinningsdelen till DAGVL-DIFF med ILLUDAS. Detta medför i detta fallet att då tid-area-metoden i ILLUDAS anpassats till att stämma överens med STURE kan denna förbättrade ILLUDAS-variant med fördel beräkna ytavrinningsdelen till DAGVL-DIFF.

Målet var här att på ett praktiskt sätt kunna kombinera en förbättrad ytavrinningsmetod med en noggrann ledningsflödesberäkning för att erhålla så tillförlitliga resultat som möjligt.

Anpassningen av ILLUDAS till STURE utfördes på så sätt att tillrinningstiden ändrades för varje regntyp och delområdestyp tills överensstämmelse, så god som möjligt, erhöles, se figur 5.3. Utgångsvärdet var 2 min. vilket visade sig behöva justeras en hel del.



Figur 5.3 Exempel på hydrograf från ILLUDAS anpassad till STURE. Regntyp 2 har använts

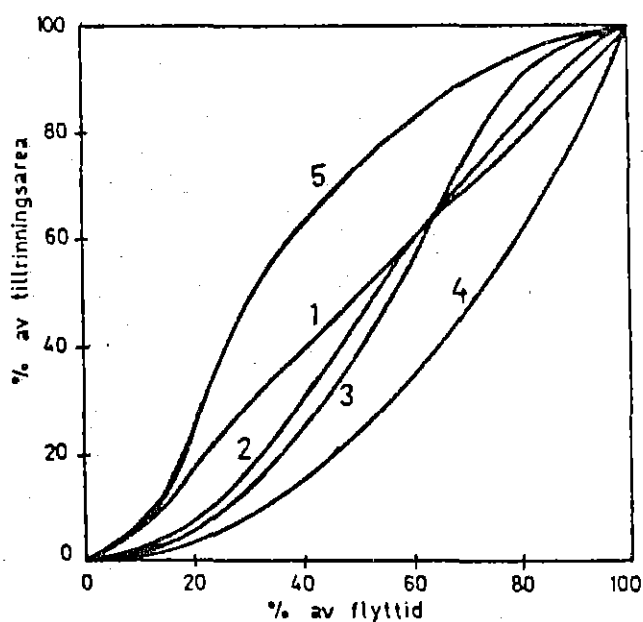
De värden som erhålls på tillrinningstiden för de olika typregnen och typområdena för bästa överensstämmelse visas i tabell 5.3. Ur denna framgår att tillrinningstiden ej varierar nämnvärt mellan regntyper och delområdestyper.

TABELL 5.3 Tillrinningstid efter anpassning

DELYTA	RINNTID
1	5 min. oberoende av regntyp
2	5 min. oberoende av regntyp
3	5 min. oberoende av regntyp
4	5 min. oberoende av regntyp
5	6 min. för regntyp 1, 2 o 3 samt 5 min. för regntyp 4.
6	6 min. för regntyp 1, 2 o 3 samt 5 min. för regntyp 4.
7	5 min. oberoende av regntyp.
8	5 min. oberoende av regntyp.

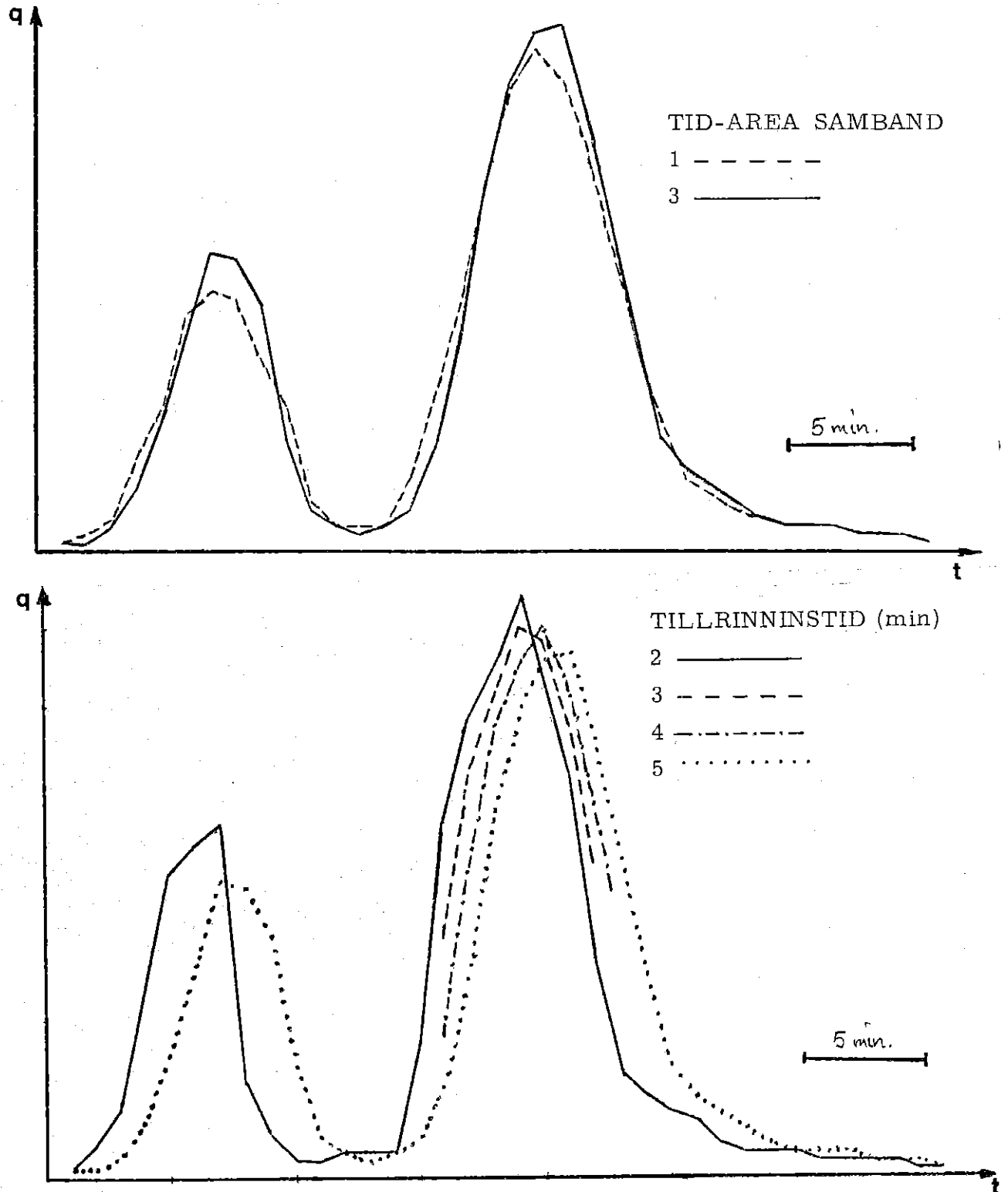
Vid anpassningen ändrades även tid-area-sambandet, se figur 5.4.

Den S-formade kurvan (typ 3) användes för de gjorda beräkningarna då denna har visat sig vara den mest korrekta och bästa av de olika kurvorna.



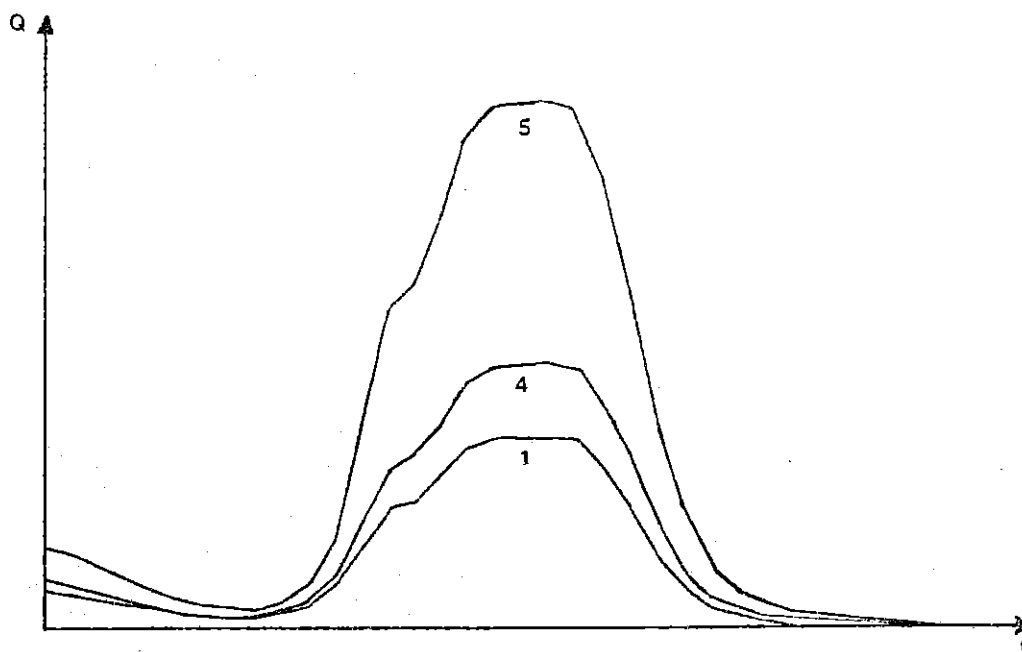
Figur 5.4 Tid-area-samband vid användandet av ILLUDAS

Inverkan på en hydrografs utseende av tid-area-kurvans form samt tillrinningstidens längd visas i figur 5.5. Denna hydrograf är beräknad för ett verkligt uppmätt regn varför de visade skillnaderna bör bli något mindre än om man använt sig av blockregn.



Figur 5.5 Inverkan av tid-area sambandet och tillrinningstidens längd på en hydrografs utseende.

I figur 5.6 framgår att hydrograferna, oberoende av delområdestyp, har i stort sett samma utseende. Enda skillnaden är flödets storlek, dvs flödet är proportionellt mot arean. Som även framgick av anpassningen av tillrinningstiden i ILLUDAS erhöles endast avvikande rinntid för delområdestyperna 5 och 6 för regntyp 4, se tabell 5.3. De övriga delområdestyperna fick samma rinntid oberoende av regntyp. Detta medför att det varit fullt tillräckligt att använda endast 2 å 3 typer av delområden vid indelningen.



Figur 5.6 Hydrografer för delområdena 1, 4 och 5 vid samma typregn

6. STATISTISK BEARBETNING

Den korrigerade ILLUDAS-modellen, dvs tillrinningstiden har anpassats, användes för att simulera tillrinningsdelen till DAGVL-DIFF. Beräkningar utfördes sedan med DAGVL-DIFF för de 31 regnen som valts ut som statistiskt underlag, se tabell 4.1. Ur de erhållna beräkningsresultaten utsorterades maximala flöden och maximala trycknivåer för ledningarna respektive brunnarna. Detta utfördes för varje enskilt regn. Således erhöles 31 st max-värden för varje brunn respektive ledning. Max-värdena kom sedan att användas vid den statistiska analysen. Ett problem med utvärderingen var dock att i DAGVL-DIFF tillåts trycknivån nå obegränsat över markytan vid stora flödesbelastningar. Brunnarna antas således ha obegränsad utsträckning i höjddled så att alla regn kan tas omhand utan att något vatten lämnar systemet. Detta medför att då trycknivåer över markytan erhålls kan en del oegentliga flöden och trycknivåer uppstå även nedströms denna punkt. Trycknivåer över markytan har tolkats som ett mått på själva översvämningen. Sådana översvämningar har dock inte inträffat för mer än 3 st av de använda regnen.

Hänsyn har inte tagits till den trycknivåökning som uppkommit på grund av de givna basflödena. Detta bör dock inte påverka slutresultatet nämnvärt. Det sammanlagda felet torde i vilket fall inte ge upphov till att dämningnivåer och flöden underskattas.

Den statistiska analysen har utförts på de maximala flödena samt trycknivåerna med samma förfarande för båda. Analysen har gjorts för två ledningssträckor 1 - 27 och 2 - 27, se figur 3.3. Ledningssträckorna kan anses representativa för ledningsnätets uppbyggnad.

Problemet vid den statistiska analysen är främst att tillskriva de största av de erhållna max-värdena en rimlig återkomsttid. Vidare finns en viss osäkerhet vid utsorteringen av regnen. Det finns ju en risk att det existerar ett eller

flera regn under denna 18-årsperiod som ger ett max-flöde eller trycknivå som är återkomstmässigt större än de utvalda regnen. Således bör de lägsta värdena av de 31 regnen vara de mest osäkra i fråga om rangen. Denna osäkerhet har dock minskats genom att endast de 18 största värdena under denna tidsperiod har tagits med i den statistiska analysen.

Vid den statistiska analysen spelar således valet av plottningsformel en viss roll. Avvikelsen mellan de olika plottningspositionerna är störst i fördelningens ändrar.

Exempelvis kan nämnas att Weibull's formel, ekv. 6.1, i detta fall ger återkomsttiden 19 år för max-flödet med rangen 1.

$$T = \frac{N+1}{m} \quad (6.1)$$

där T = återkomstperiod, N = antalet observationer, m = rangen. En anpassning av en rät linje till de plottade värdena enligt Weibull's formel gav stora avvikelser mellan linjen och de tre största värdena. Då dessa tre värden kan vara oegentliga är det olämpligt att de får påverka linjens lutning i den utsträckning som här sker. På grund av detta har denna formel ej använts.

Istället valdes följande plottningsformel.

$$Y_i = \sum_{j=1}^i \frac{1}{N+1-j} \quad ; \quad i=1, 2, 3, \dots, N \quad (6.2)$$

där Y_i = plottningsposition för det utvärderade värdet
i ökande ordning

Y_i = $\ln F$: där F är återkomsttiden

N = antal utvärderade värden, sätts lika med antalet utvärderade tidsperioder

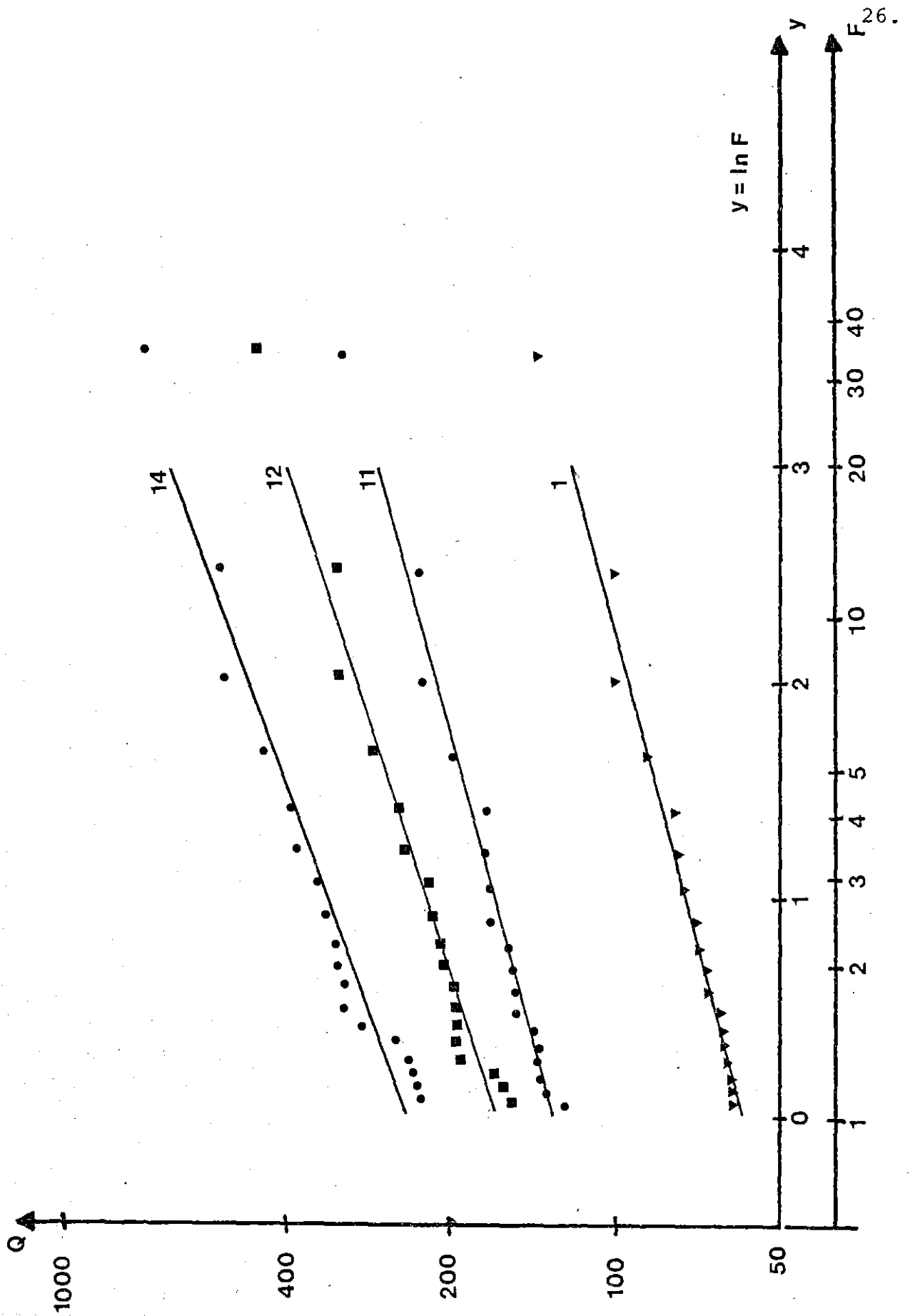
De erhållna max-värdena rangordnades i fallande ordning och plottades på lin-log-papper med hjälp av denna plottningsformel. Ekvation 6.2 föreskriver plottningspositionerna för exponentialfördelningen enligt Natural Environment Research Council (2), se även Ranfall Data... (1).

I detta fall då den utvärderade tidsperioden är 18 år sättes N till 18. Detta innebär som tidigare nämnts att endast de 18 största värdena av 31 är använda i den statistiska bearbetningen. För den här valda plottningsformeln fås återkomstperioden 32,95 år för värdet med rangen 1.

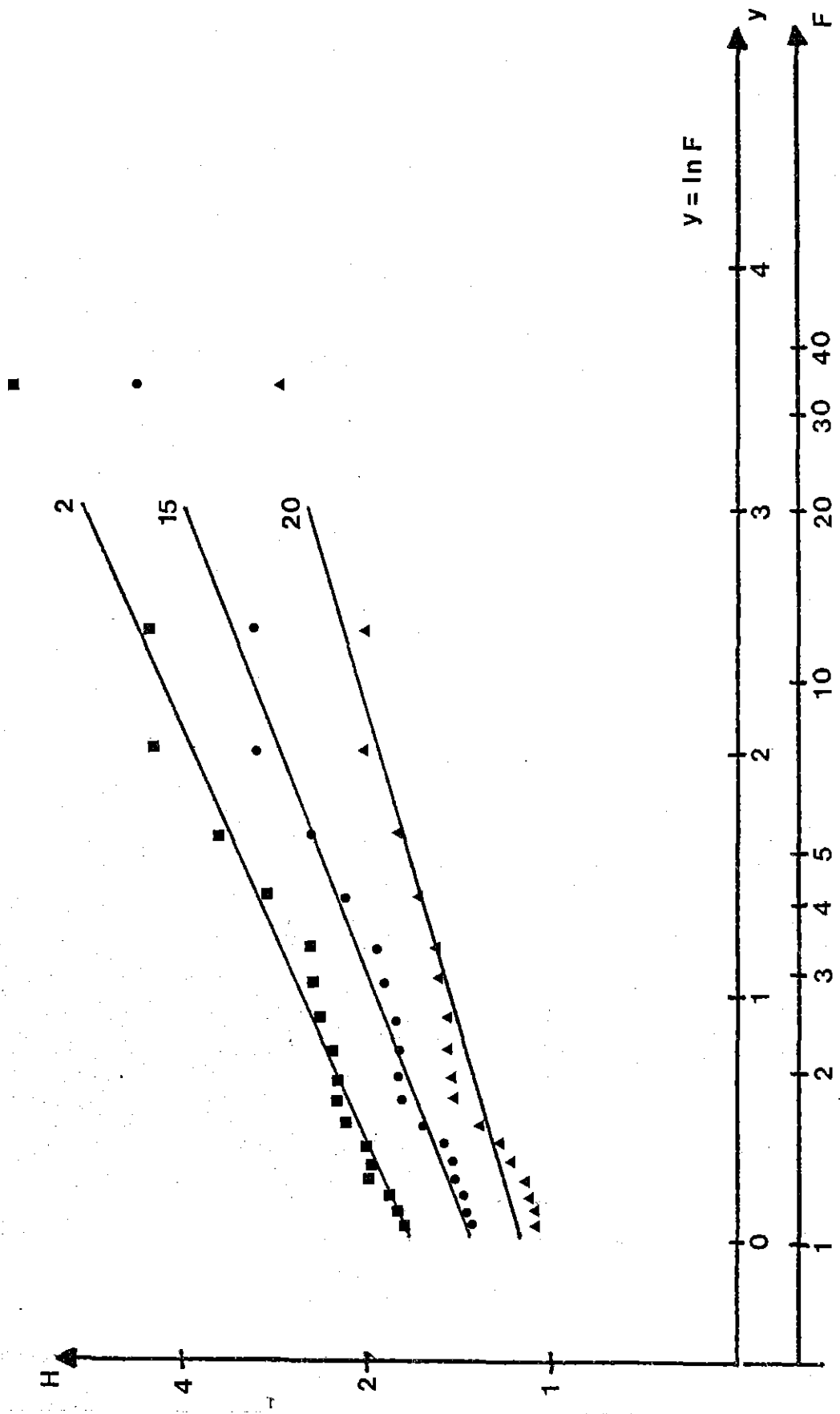
Flödet respektive trycknivån plottades sedan med hjälp av denna plottningsformel, se figur 6.1 och 6.2. En rät linje kan nu antas beskriva fördelningen på ett bra sätt, då de tre största värdena här ej påverkar linjens lutning nämnvärt, utan ansluter väl till denna.

Ur figur 6.1 och 6.2 bestämdes sedan återkomsttiden för flöden och trycknivåer. Observera dock att vid en återkomstperiod mindre än 1 år är osäkerheten stor på grund av att det då handlar om extrapolerade värden som beror helt av den antagna fördelningen. Samma sak gäller då återkomstperioden 32,95 år överskrids.

I bilaga 4 redovisas de övriga plottade fördelningarna. Som tidigare påpekats kan vissa oegentliga värden erhållas då trycknivån når över markytan. Detta har dock endast inträffat för tre regn och dessa representeras i samtliga fall av de tre största värdena i fördelningarna. Av fördelningarna framgår att förändringen av den räta linjen inte blir särskilt stor om dessa värden utesluts vid regressionen av linjen.



Figur 6.1 Plottade max-flöden enligt ekv. 6.2 där
 F = återkomstperiod (år)



Figur 6.2 Plottade maximala trycknivån enligt ekv. 6.2 där F = återkomstperiod (år)

7. DÄMNINGSBERÄKNING GENOMFÖRD MED NIVANETT OCH DAGVL-DIFF

7.1 Inledning

För verkliga regn som liksom tidigare valts ut ur Lundby-data har med hjälp av NIVANETT och DAGVL-DIFF beräknats trycknivåerna i brunnarna för varje regn. Dessa beräkningar har utförts för samma system som tidigare. Skillnaden mellan kap.7 och vad som behandlats i tidigare avsnitt ligger i att antalet utnyttjade regn är färre samt att ytavrinningsberäkningen är mer översiktsmässig. Härvid har på ett approximativt sätt antalet fastighetsöversvämningar i medeltal per år bestämts för att om möjligt få grepp om överensstämmelsen med verkliga förhållanden.

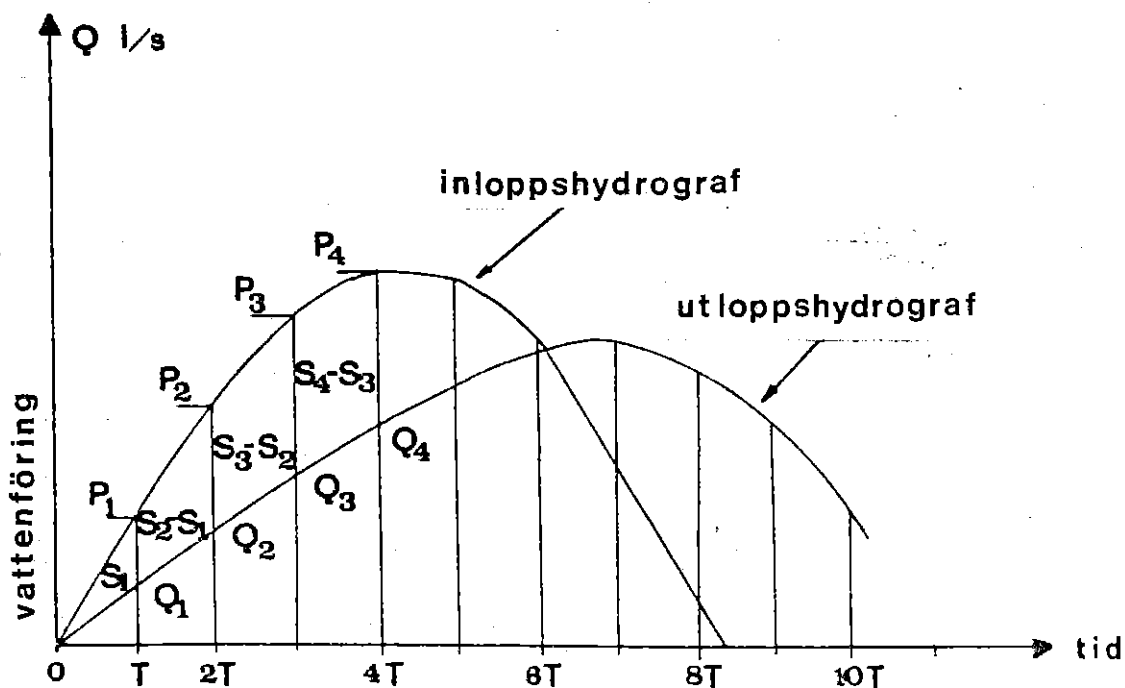
Beräkningarna med hjälp av NIVANETT har utförts av VA-verket, som även har definierat översvämning som vattennivån 0,3 meter och 0,5 meter över utgående ledningshjassa i brunnarna. För dessa båda fall har sedan antalet fastighetsöversvämningar över 18-årsperioden bestämts.

Då modellen DAGVL-DIFF som tidigare nämnts, saknar rutin för lämplig ytavrinningsberäkning har även här liksom tidigare tid-area-metoden i ILLUDAS använts till detta. För att få identiska ytavrinningshydrografer till de båda modellerna har tillrinningstiden satts till 2 minuter samt det valda tid-area-sambandet till typ 1, se figur 5.4, i ILLUDAS. I NIVANETT kan tid-area-sambandet simuleras som helt rätlinjigt medan detta ej går i ILLUDAS, men det valda sambandet för denna beräkning (typ 1) är det som närmast svarar mot en rät linje.

7.2 Beskrivning av NIVANETT

NIVANETT är en datormodell som är utvecklad i Norge. Med denna kan man simulera hela regnavrinningsförloppet. Modellen kan användas för såväl analys som dimensionering av ett system. Modellen tar beräkningsmässigt inte någon hänsyn till själva dämningförloppet. Däremot uppskattas en nödvändig trycklinje till varje tidssteg.

I figur 7.1 visas ingående och utgående vattenföring i en ledning. Ledningen fylls före skärningspunkten och när inloppshydrografen blir mindre än utloppshydrografen, dvs efter skärningspunkten i figur 7.1, töms ledningen.



Figur 7.1 In- och utloppshydrograf för en ledning som funktion av tiden

Man antar att kurvan är linjär mellan varje tidssteg, T i figur. Då kan följande samband sättas upp:

$$S_2 - S_1 = ((P_2 - Q_2) + (P_1 - Q_1)) \frac{T}{2}$$

$$S_2 + \frac{Q_2 T}{2} = (P_1 + P_2 - Q_1) \cdot \frac{T}{2} + S_1$$

$$S_n + \frac{Q_n T}{2} = (P_n + P_{n-1} - Q_{n-1}) \cdot \frac{T}{2} + S_{n-1}$$

S_n = vattenvolym lagrad i ledningen vid minut nr n (l)

P_n = vattenföring in i ledningen vid minut nr n (l/s)

Q_n = vattenföring ut ur röret vid minut nr.n (L/s)

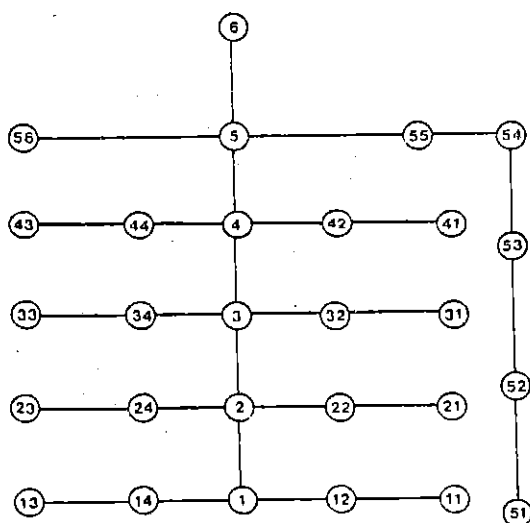
T = Tidsintervall för beräkningen (s)

I detta generella samband är alltid högra ledet känt från a) i föregående beräkning, samt b) det aktuella värdet på inloppshydrografen. Då är också det samlade värdet av vänstra ledet i sambandet känt. Sedan förhållandet mellan den lagrade vattenvolymen i ledningen, S_n , och vattenföringen i röret, Q_n , är känt från delfyllnadskurvor, kan dessa värden bestämmas.

Programmet startar analysen i översta punkten av ledningsnätet och utför beräkningarna rör för rör nedåt tills det möter en sidogren. Programmet söker då upp den översta ledningen på denna sidogren och räknar sig rör för rör nedåt tills det möter den andra beräknade grenen. I denna punkt läggs hydrograferna samman, beräkningen fortsätter vidare nedåt i ledningsnätet.

Vid beräkning av trycknivån i brunnarna används nivån i den nedersta brunnen som utgångspunkt. Programmet beräknar nödvändig trycklinjelutning för att vattnet skall pressas igenom det nedersta röret. Denna beräkning utförs med hjälp av Manning's formel. Då längden av röret är känt, fås trycknivån i näst nedersta brunnen. Trycknivån i denna används sedan som utgångspunkt för nästa rör, o s v.

Mellan DAGVL-DIFF och NIVANETT finns således betydande skillnader i beräkningsprinciperna. Den i DAGVL-DIFF gjorda numreringen kan inte användas i NIVANETT. I figur 7.2 visas den för NIVANETT gjorda numreringen av ledningsnätet.



Figur 7.2 Numrering enligt NIVANETT

All numrering syftar i fortsättningen till den för DAGVL-DIFF gjorda. Se figur 3.3.

7.3 VA-verkets utsortering av regn

Vid denna dämpningsberäkning som utförts av VA-verket med hjälp av NIVANETT har verkliga uppmätta regn använts. Dessa regn har liksom de tidigare (som använts vid den statistiska analysen av systemet) valts ut bland de som finns registrerade under tiden 1921 - 1939, den s k 18-års-serien.

En överslagsmässig utsortering av regnen har gjorts av VA-verket. Resultatet har blivit 15 regn som kan antas ge upphov till de största flödena och trycknivåerna.

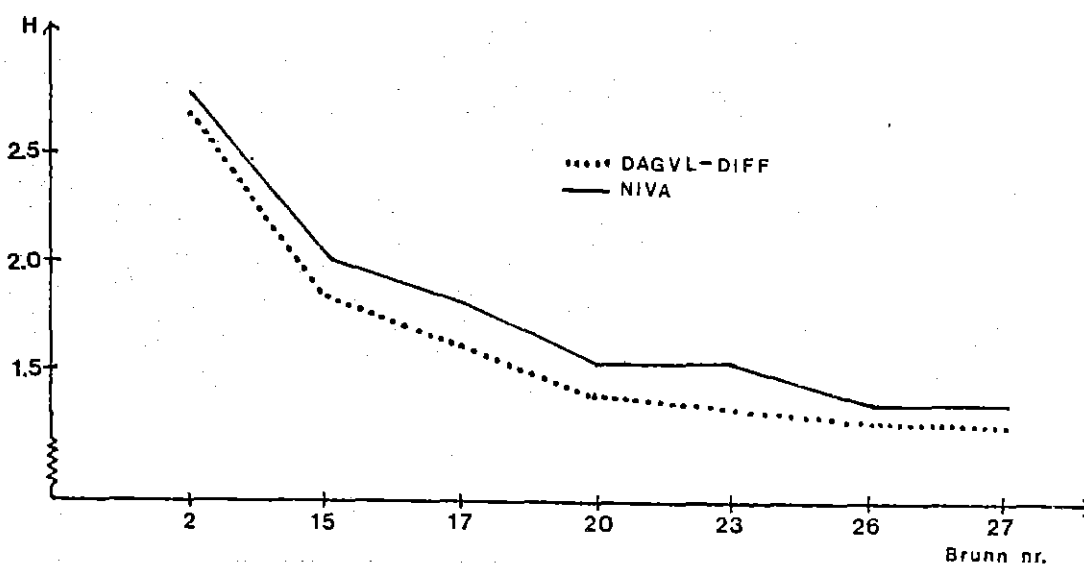
I tabell 7.1 redovisas de regn som valts ut. Vidare har antagits att regn 893 och 2302 har förekommit tre gånger under denna 18-års-period. Det framgår även att den 15 regn som VA-verket antagit ge de största flödena alla finns representerade bland de 31 som använts vid den tidigare utförda analysen av systemet, se tabell 4.1, varför utsorteringen väl kan anses vara acceptabel.

TABELL 7.1 Regn valda ur Lundby-data

NR	DATUM
475	24 07 27
596	25 07 26
620	25 09 06
759	26 10 09
885	27 07 15
893	27 08 12
1036	28 09 11
1265	30 07 16
1669	33 07 12
1778	34 08 01
1909	35 07 21
2025	36 06 22
2171	37 07 12
2280	38 08 12
2302	38 09 20

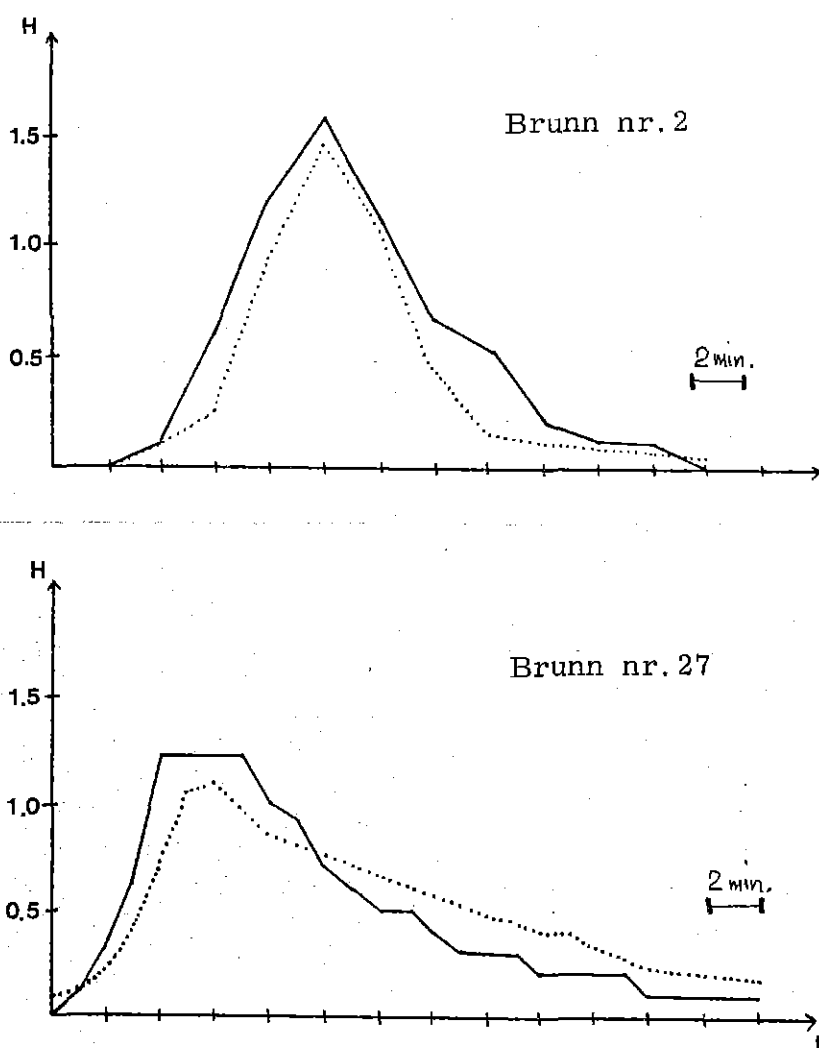
7.4 Brunnsnivåernas variationer

För vissa regn ger DAGVL-DIFF konsekvent längre trycknivåer, se figur 7.3, än NIVANETT, men även det omvända förhållandet existerar. Någon konsekvens i detta gick inte att skönja, då variationerna erhöles oberoende av regntyp.

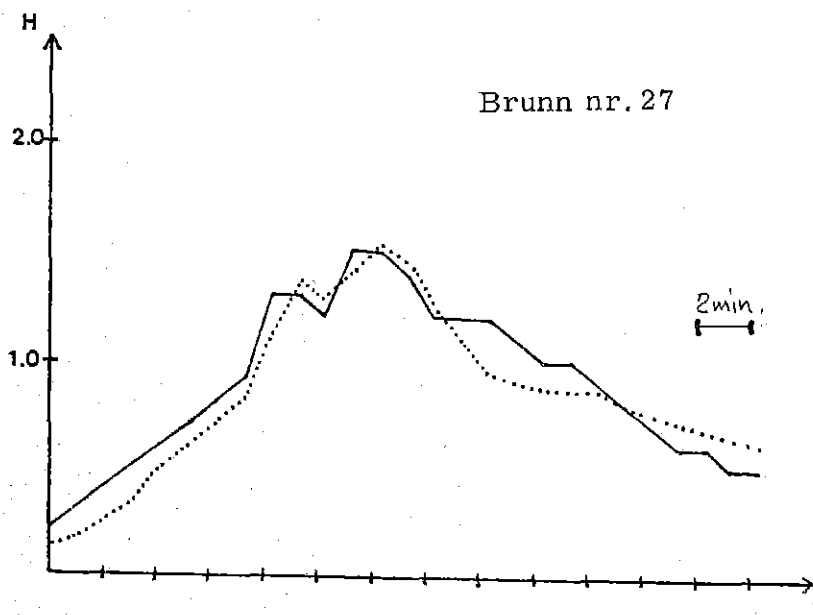
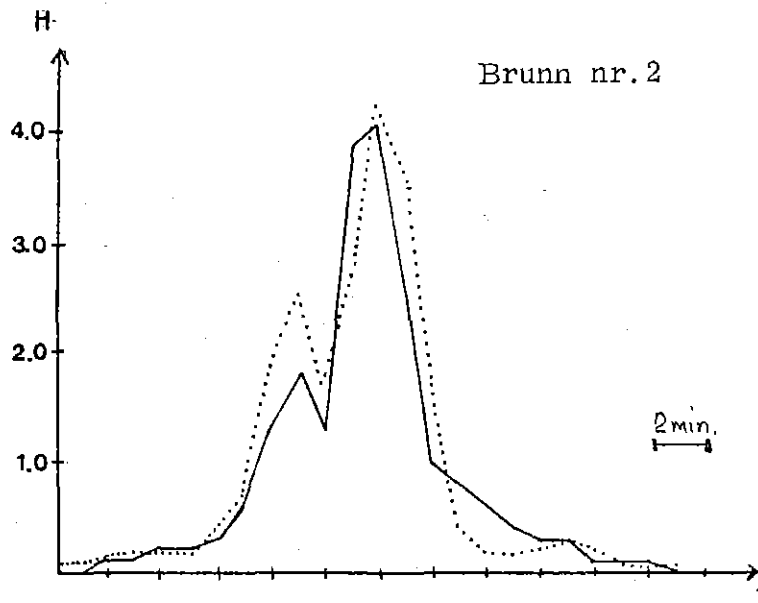


Figur 7.3 Trycknivå längs ledningssträcka 2-27, för ett regn där DAGVL-DIFF har den lägre trycknivån

Trycknivån (H) som funktion av tiden (t) visas i figur 7.4 för två olika regn samt för en uppströms respektive nedströms brunn. Det bör påpekas att de trycknivåer som erhållits med DAGVL-DIFF bör bli något lägre om basflödena minskades ytterligare om man samtidigt kunde erhålla stabila lösningar. En uppskattning av denna förändring är dock svår att göra. Här har använts basflöden i storleksordningen 1-5% av ledningarnas kapaciteter.



Figur 7.4a Trycknivån som funktion av tiden för uppströms respektive nedströms brunn
 DAGVL-DIFF.....
 NIVANETT————



Figur 7.4b Trycknivån som funktion av tiden för
 uppströms respektive nedströms brunn
 DAGVL-DIFF ·····
 NIVANETT ———

7.5 Antalet översvämmade fastigheter

För varje separat regn registrerades maximala trycknivån, se bilaga 5. Dessa beräkningsresultat från NIVANETT och även DAGVL-DIFF utvärderades. Härur beräknades sedan antalet översvämmade fastigheter per år.

Resultaten visar att det råder en förvånansvärd god överensstämmelse mellan modellerna. I tabell 7.2 visas det erhållna antalet fastighetsöversvämningar enligt dessa beräkningar. VA-verket har även låtit dimensionera dagvattensystemet med 5 och 10 år som återkomsttid hos blockregnet. I tabell 7.2 redovisas även antalet fastighetsöversvämningar för dessa båda system. Beräkningarna har utförts med NIVANETT och avslöjar att 10-årsregnet ger en ganska trolig bild av de förhållanden som råder i verkligheten.

TABELL 7.2 Antal årliga fastighetsöversvämningar

Simuleringsmodell	Dimensionerande återkomsttid	Översvämningsnivå	
		0.3m ö.hjassa	0.5 ö.hjassa
NIVANETT	2 år	60.8	55.5
DAGVL-DIFF	2 år	61.7	48.8
NIVANETT	5 år	20.0	14.2
NIVANETT	10 år	12.3	10.7

Övriga värden ter sig något för höga även om vissa problem förekommit ifråga om översvämmade fastigheter i området på grund av brister i det nu befintliga ledningsnätet. Det verkliga antalet översvämningar för det befintliga ledningsnätet är betydligt lägre än de nu erhållna värdena med 2-årsregnet som dimensionerande. Rimligtvis borde det av VA-verket modifierade ledningsnätet ge färre fastighetsöversvämningar än det antal som nu erhållits. En av orsakerna till denna avvikelse från det verkliga förhållandet på tillrinningstiden som valts till

2 minuter, vilket är för kort. Kort tillrinningstid ger högre flödestoppar än vid längre tillrinningstid. Dessutom är det tveksamt om man över huvud taget skall använda en varaktighet av 10 minuter vid dimensionering. Även de nivåer (0,3 m och 0,5 m över hjässan) som enligt VA-verket ger upphov till översvämning påverkar översvämningsfrekvensen. Man kan troligen tillåta högre trycknivåer under kortare tider, men för detta krävs givetvis en undersökning av hur dränering och spillvattenledningar är utformade.

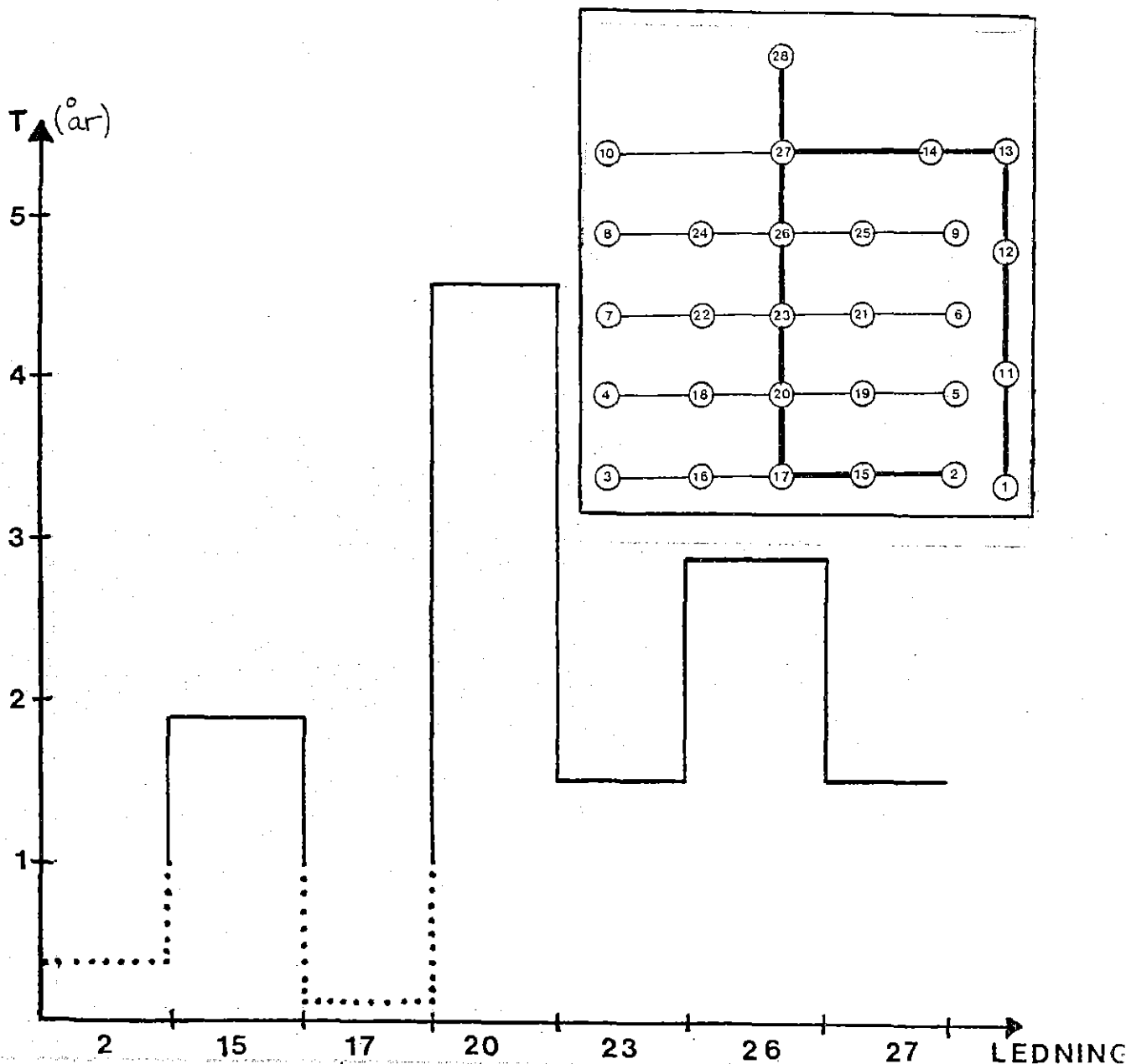
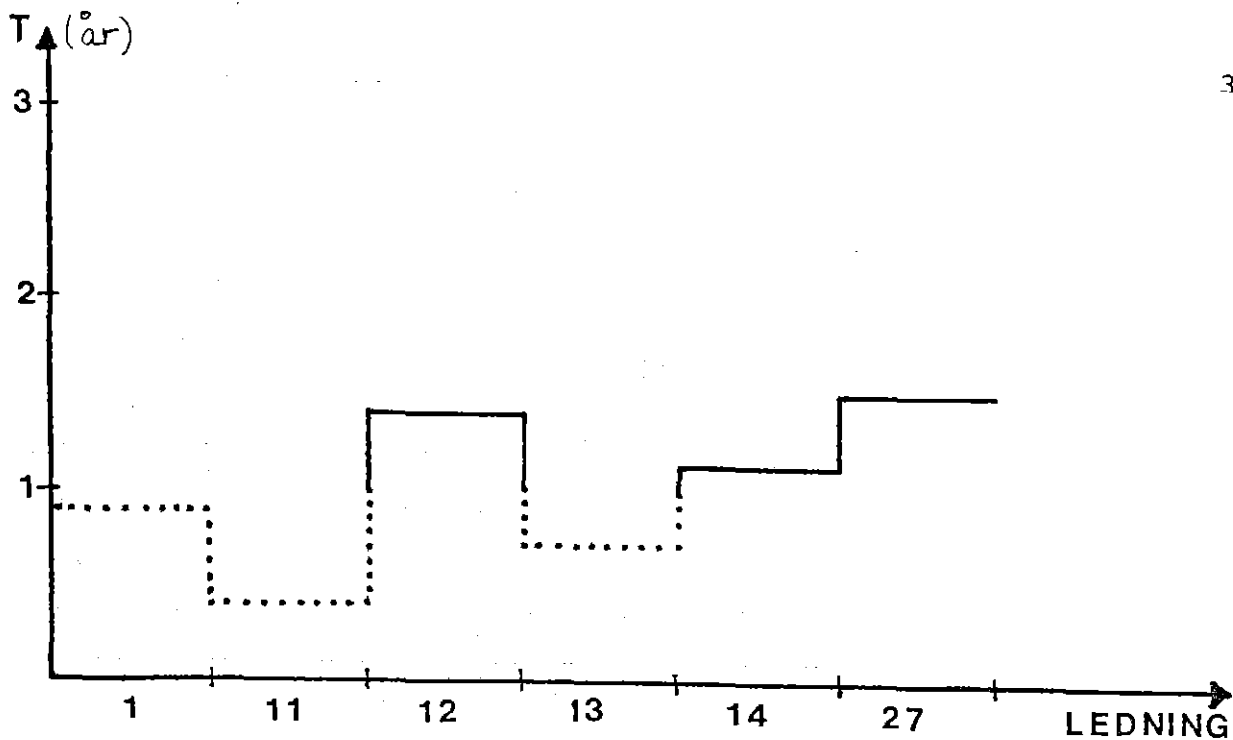
Vid en av VA-verket utförd inventering av fastigheternas verkliga källarnivåer framkom att källarnivåerna i flera fall låg över de här antagna (0.3 och 0.5 m över hjässan). Detta skulle medföra att det verkliga antalet översvämningar är betydligt färre än det här framräknade.

8. RESULTAT

En utvärdering av systemets kapacitet har utförts då fördelningarna för flödena och trycknivåerna har konstruerats. Till att börja med har återkomsttiden för ledningskapaciteten, Q_{kap} , bestämts för de olika ledningarna. På detta sätt kan man få en uppfattning om hur ofta ledningarna går fyllda i ett system som är dimensionerat för 2-års-regnet. I figur 8.1 visas återkomsttiden för Q_{kap} längs ledningsprofilerna. För ett system dimensionerat på ett tillfredsställande sätt bör givetvis denna återkomsttid ej variera för mycket mellan ledningarna. Vissa variationer är ofta oundvikliga, t ex på grund av användandet av standarddimensioner på ledningarna. Som framgår av figur 8.1 så är för detta system ledningssträckan 1-11-12-13-14-27 relativt jämnt dimensionerad.

Ledningssträckan 2-15-17-20-23-26-27 har däremot vad beträffar återkomsttiden för Q_{kap} mycket större variationer än den föregående ledningssträckan. Vissa ledningar går fyllda med en återkomstperiod betydligt mindre än 1 år, medan en ledning har en återkomstperiod uppemot 5 år för Q_{kap} . Troligtvis har vid dimensioneringen ledningen nr 17 fått en dimension mindre än vad den i själva verket bör ha. Ledningen har alltså en strypande effekt på flödet i ledningskedjan. Vid en ökning av denna ledningskapacitet bör återkomsttiden längs ledningssträckan bli jämnare fördelad.

En "medelåterkomstperiod" som skattas visuellt för Q_{kap} längs ledningssträckorna är 1 år för den ena och knappt 2 år för den andra ledningssträckan. Sammantaget är det då rimligt att anta att flödet Q_{kap} uppträder oftare än det dimensionerande regnet.



Figur 8.1 Aterkomsttid för Q_{kap} längs ledningsprofilen.
 (Extrapolerade värden är prickade.)

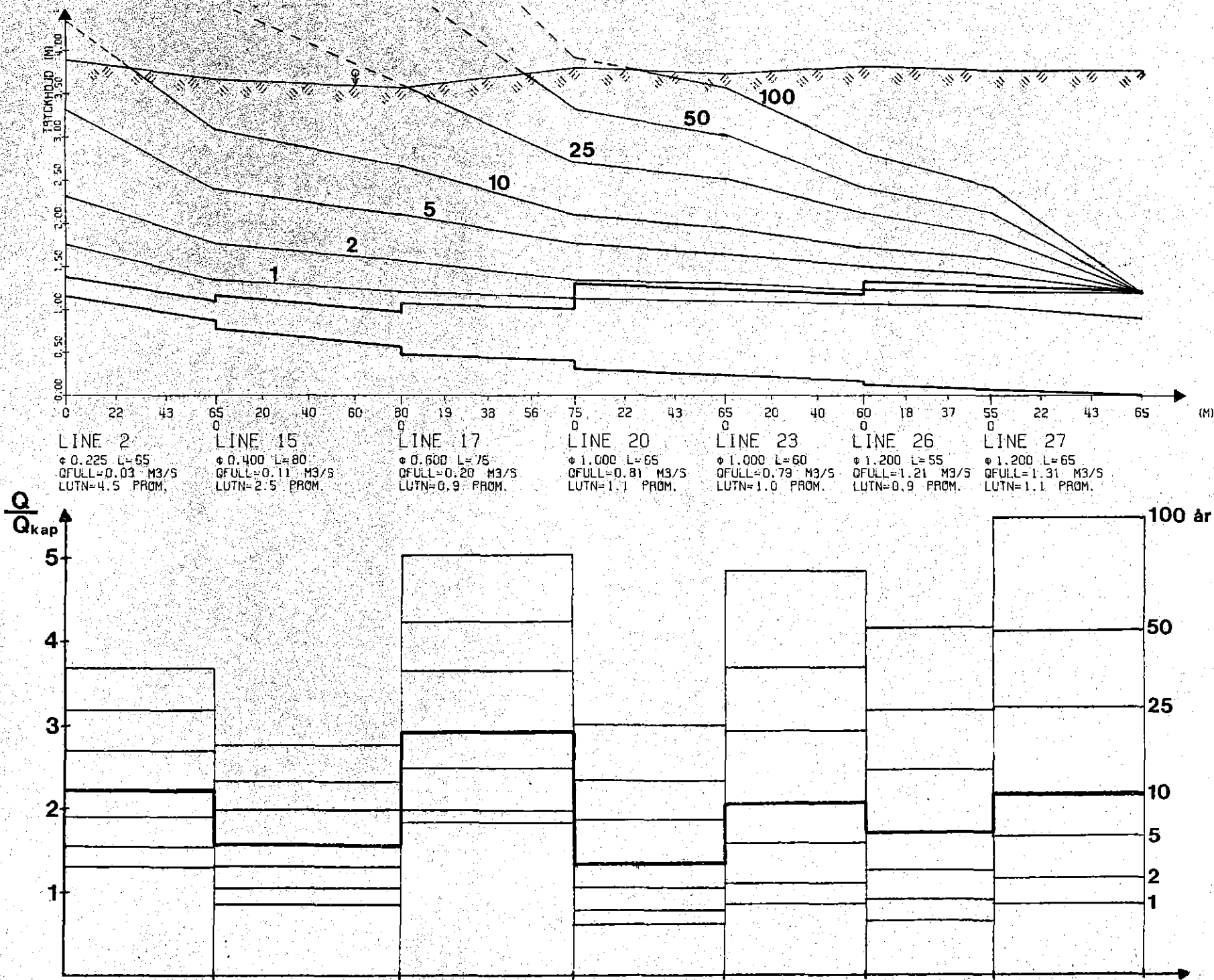
Trycknivåerna speglar hurpass bra ett system fungerar. Dessa utvärderades ur fördelningarna för olika återkomstperioder. I figur 8.2 och 8.3 redovisas trycknivån för ledningsprofilerna med återkomstperioderna 1, 2, 5, 10, 25, 50 och 100 år. För återkomsttider längre än 25 år har trycknivåer och flöden extrapolerats fram varför en viss osäkerhet råder för dessa värden. Om trycknivåerna tillåts nå markytan så erhålls översvämning i uppströmsbrunnarna med lägst återkomstperiod. Enligt figur 8.2 och 8.3 framgår att översvämning för dessa sker med en återkomsttid av 7 - 8 år. Trycklinjerna kan för övrigt användas till att bedöma översvämningsrisken för olika källarnivåer kring Västra Hamngatan.

Trycklinjens lutning över en ledning ger ett approximativt mått på flödet och därmed hur ledningen belastas. Som framgår av dessa figurer så har beräkningarna skett under förutsättning av att utloppet ej är dämt, trycknivån vid utloppet når aldrig över ledningens hjässa.

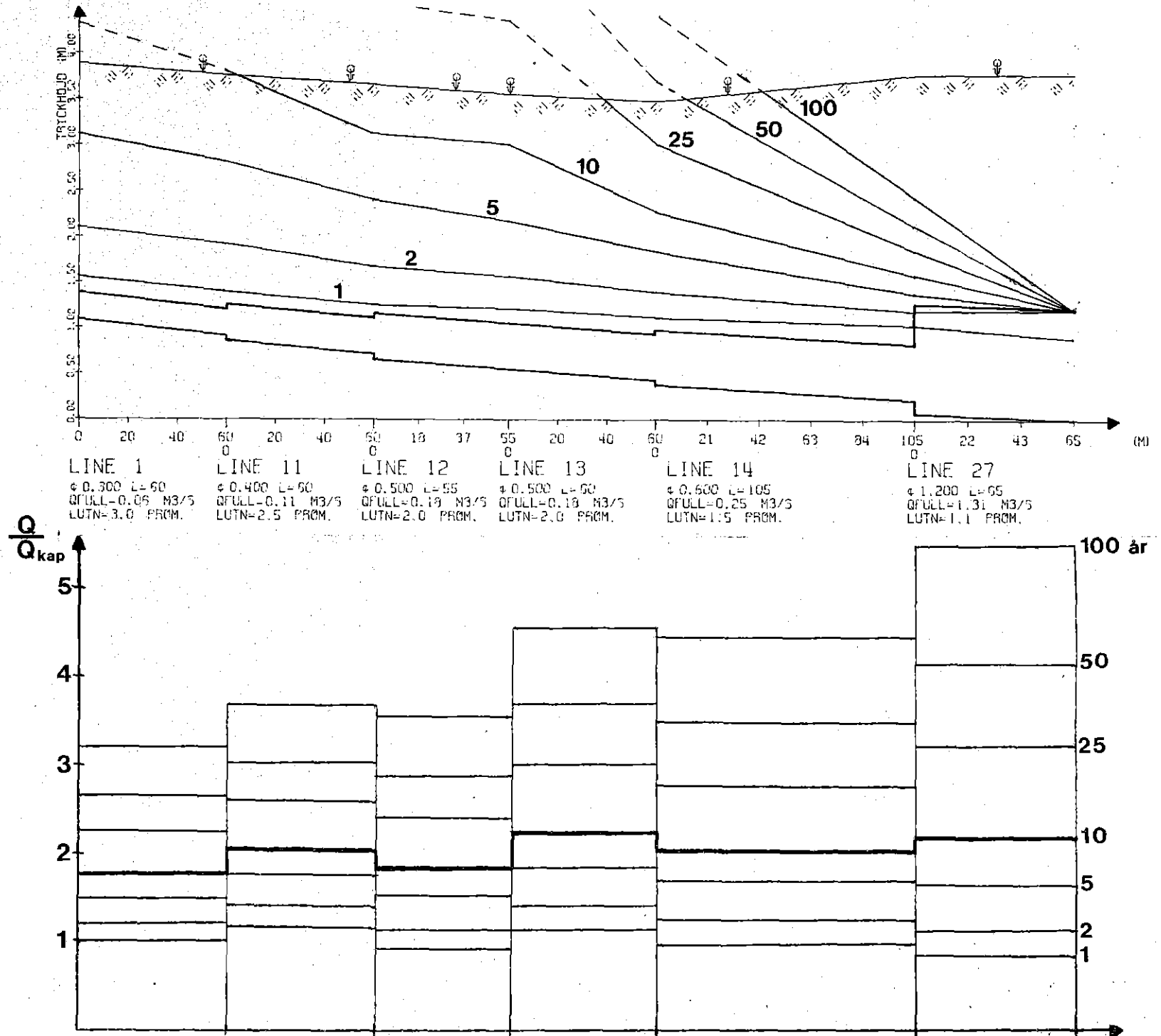
De ledningar som har den största lutningen på trycklinjen är de som bör åtgärdas i första hand vid en eventuell förbättring. En dimensionsökning av utloppsledningen bör förändra trycknivåerna avsevärt i ledningssträckorna. Vid en ändring av en ledning mitt i systemet är det däremot svårare att dra några slutsatser av vad detta innebär. De relativa flödena Q/Q_{kap} för respektive trycklinje finns redovisade i diagrammet under trycknivåerna. Diagrammen visar sambandet mellan trycklinjens lutning över ledningen och flödet genom denna för olika återkomstperioder.

Vid denna typ av överbelastade system med korta avrinningsförlopp visar det sig vid dämpningsberäkningarna att det inte har någon avgörande betydelse vilken modell man använder vid ledningsflödesberäkningen. NIVANETT kan ge väl så bra resultat som DAGVL-DIFF, varför NIVANETT mycket väl kan vara lämpad vid kommande analyser av det häri utförda slaget.

Figur 8.2 Trycknivåer samt flöden för återkomstperioderna 1, 2, 5, 10, 25, 50 och 100 år



Figur 8.3 Trycknivåer samt flöden för återkomstperioderna 1, 2, 5, 10, 25, 50 och 100 år



BILAGA 1

FULLSTÄNDIGA DATA FÖR LEDNINGSSYSTEMET
OCH AVRINNINGSSOMRÅDET

PARAMETRAR FÖR BRUNNAR SAMT ANSLUTNA AREOR OCH FASTIGHETER

Brunn nr	Ingående			Utgående	Diam	Ledningsnivåer			Utgående	Mark- nivå	Area delomr	Antal fastigh
	1	2	3			1	2	3				
1	0	0	0	1	0.50				1.09	3.89	0.35	2
2	0	0	0	2	0.50				1.16	3.89	0.25	2
3	0	0	0	3	0.50				1.10	3.83	0.25	3
4	0	0	0	4	0.50				1.03	3.76	0.25	2
5	0	0	0	5	0.50				1.27	4.00	0.25	2
6	0	0	0	6	0.50				1.01	3.74	0.25	2
7	0	0	0	7	0.50				0.93	3.66	0.15	2
8	0	0	0	8	0.50				0.88	3.61	0.15	2
9	0	0	0	9	0.50				0.95	3.68	0.20	2
10	0	0	0	10	0.50				0.63	3.43	0.45	4
11	1	0	0	11	0.50	0.91			0.86	3.76	0.45	4
12	11	0	0	12	0.75	0.71			0.66	3.66	0.35	4
13	12	0	0	13	0.75	0.55			0.55	3.55	0.25	1
14	13	0	0	14	0.75	0.43			0.38	3.48	0.40	3
15	2	0	0	15	0.50	0.87			0.77	3.67	0.35	3
16	3	0	0	16	0.50	0.87			0.77	3.67	0.60	2
17	15	16	0	17	0.75	0.57	0.57		0.47	3.57	0.60	4
18	4	0	0	18	0.50	0.78			0.68	3.58	0.45	3
19	5	0	0	19	0.50	0.79			0.69	3.59	0.35	2
20	17	18	19	20	1.20	0.40	0.50	0.50	0.30	3.80	0.55	4
21	6	0	0	21	0.50	0.76			0.66	3.56	0.30	2
22	7	0	0	22	0.50	0.68			0.58	3.48	0.50	4
23	20	21	22	23	1.20	0.23	0.43	0.43	0.23	3.73	0.60	4
24	8	0	0	24	0.50	0.65			0.60	3.40	0.25	3
25	9	0	0	25	0.50	0.70			0.60	3.50	0.35	3
26	23	24	25	26	1.40	0.17	0.42	0.37	0.12	3.82	0.55	4
27	10	14	26	27	1.40	0.37	0.22	0.07	0.07	3.77	0.70	4
28	27	0	0	28	1.40	0.00				3.77	0.00	

BILAGA 1

FULLSTÄNDIGA DATA FÖR LEDNINGSSYSTEMET
OCH AVRINNINGSSOMRÅDET

PARAMETRAR FÖR BRUNNAR SAMT ANSLUTNA AREOR OCH FASTIGHETER

Brunn nr	Ingående			Utgående	Diam	Ledningsnivåer			Utgående	Mark- nivå	Area delomr	Antal fastigh
	1	2	3			1	2	3				
1	0	0	0	1	0.50				1.09	3.89	0.35	2
2	0	0	0	2	0.50				1.16	3.89	0.25	2
3	0	0	0	3	0.50				1.10	3.83	0.25	3
4	0	0	0	4	0.50				1.03	3.76	0.25	2
5	0	0	0	5	0.50				1.27	4.00	0.25	2
6	0	0	0	6	0.50				1.01	3.74	0.25	2
7	0	0	0	7	0.50				0.93	3.66	0.15	2
8	0	0	0	8	0.50				0.88	3.61	0.15	2
9	0	0	0	9	0.50				0.95	3.68	0.20	2
10	0	0	0	10	0.50				0.63	3.43	0.45	4
11	1	0	0	11	0.50	0.91			0.86	3.76	0.45	4
12	11	0	0	12	0.75	0.71			0.66	3.66	0.35	4
13	12	0	0	13	0.75	0.55			0.55	3.55	0.25	1
14	13	0	0	14	0.75	0.43			0.38	3.48	0.40	3
15	2	0	0	15	0.50	0.87			0.77	3.67	0.35	3
16	3	0	0	16	0.50	0.87			0.77	3.67	0.60	2
17	15	16	0	17	0.75	0.57	0.57		0.47	3.57	0.60	4
18	4	0	0	18	0.50	0.78			0.68	3.58	0.45	3
19	5	0	0	19	0.50	0.79			0.69	3.59	0.35	2
20	17	18	19	20	1.20	0.40	0.50	0.50	0.30	3.80	0.55	4
21	6	0	0	21	0.50	0.76			0.66	3.56	0.30	2
22	7	0	0	22	0.50	0.68			0.58	3.48	0.50	4
23	20	21	22	23	1.20	0.23	0.43	0.43	0.23	3.73	0.60	4
24	8	0	0	24	0.50	0.65			0.60	3.40	0.25	3
25	9	0	0	25	0.50	0.70			0.60	3.50	0.35	3
26	23	24	25	26	1.40	0.17	0.42	0.37	0.12	3.82	0.55	4
27	10	14	26	27	1.40	0.37	0.22	0.07	0.07	3.77	0.70	4
28	27	0	0	28	1.40	0.00				3.77	0.00	

BILAGA 1

**FULLSTÄNDIGA DATA FÖR LEDNINGSSYSTEMET
OCH AVRINNINGSSOMRÅDET**

PARAMETRAR FÖR BRUNNAR SAMT ANSLUTNA AREOR OCH FASTIGHETER

Brunn nr	Ingående			Utgående	Diam	Ledningsnivåer			Utgående	Mark-nivå	Area delomr	Antal fastigh
	1	2	3			1	2	3				
1	0	0	0	1	0.50				1.09	3.89	0.35	2
2	0	0	0	2	0.50				1.16	3.89	0.25	2
3	0	0	0	3	0.50				1.10	3.83	0.25	3
4	0	0	0	4	0.50				1.03	3.76	0.25	2
5	0	0	0	5	0.50				1.27	4.00	0.25	2
6	0	0	0	6	0.50				1.01	3.74	0.25	2
7	0	0	0	7	0.50				0.93	3.66	0.15	2
8	0	0	0	8	0.50				0.88	3.61	0.15	2
9	0	0	0	9	0.50				0.95	3.68	0.20	2
10	0	0	0	10	0.50				0.63	3.43	0.45	4
11	1	0	0	11	0.50	0.91			0.86	3.76	0.45	4
12	11	0	0	12	0.75	0.71			0.66	3.66	0.35	4
13	12	0	0	13	0.75	0.55			0.55	3.55	0.25	1
14	13	0	0	14	0.75	0.43			0.38	3.48	0.40	3
15	2	0	0	15	0.50	0.87			0.77	3.67	0.35	3
16	3	0	0	16	0.50	0.87			0.77	3.67	0.60	2
17	15	16	0	17	0.75	0.57	0.57		0.47	3.57	0.60	4
18	4	0	0	18	0.50	0.78			0.68	3.58	0.45	3
19	5	0	0	19	0.50	0.79			0.69	3.59	0.35	2
20	17	18	19	20	1.20	0.40	0.50	0.50	0.30	3.80	0.55	4
21	6	0	0	21	0.50	0.76			0.66	3.56	0.30	2
22	7	0	0	22	0.50	0.68			0.58	3.48	0.50	4
23	20	21	22	23	1.20	0.23	0.43	0.43	0.23	3.73	0.60	4
24	8	0	0	24	0.50	0.65			0.60	3.40	0.25	3
25	9	0	0	25	0.50	0.70			0.60	3.50	0.35	3
26	23	24	25	26	1.40	0.17	0.42	0.37	0.12	3.82	0.55	4
27	10	14	26	27	1.40	0.37	0.22	0.07	0.07	3.77	0.70	4
28	27	0	0	28	1.40	0.00				3.77	0.00	

BILAGA 1**FULLSTÄNDIGA DATA FÖR LEDNINGSSYSTEMET
OCH AVRINNINGSSOMRÅDET**

PARAMETRAR FÖR BRUNNAR SAMT ANSLUTNA AREOR OCH FASTIGHETER

Brunn nr	Ingående			Utgående	Diam	Ledningsnivåer				Mark- nivå	Area delomr	Antal fastigh
	1	2	3			1	2	3	Utgående			
1	0	0	0	1	0.50				1.09	3.89	0.35	2
2	0	0	0	2	0.50				1.16	3.89	0.25	2
3	0	0	0	3	0.50				1.10	3.83	0.25	3
4	0	0	0	4	0.50				1.03	3.76	0.25	2
5	0	0	0	5	0.50				1.27	4.00	0.25	2
6	0	0	0	6	0.50				1.01	3.74	0.25	2
7	0	0	0	7	0.50				0.93	3.66	0.15	2
8	0	0	0	8	0.50				0.88	3.61	0.15	2
9	0	0	0	9	0.50				0.95	3.68	0.20	2
10	0	0	0	10	0.50				0.63	3.43	0.45	4
11	1	0	0	11	0.50	0.91			0.86	3.76	0.45	4
12	11	0	0	12	0.75	0.71			0.66	3.66	0.35	4
13	12	0	0	13	0.75	0.55			0.55	3.55	0.25	1
14	13	0	0	14	0.75	0.43			0.38	3.48	0.40	3
15	2	0	0	15	0.50	0.87			0.77	3.67	0.35	3
16	3	0	0	16	0.50	0.87			0.77	3.67	0.60	2
17	15	16	0	17	0.75	0.57	0.57		0.47	3.57	0.60	4
18	4	0	0	18	0.50	0.78			0.68	3.58	0.45	3
19	5	0	0	19	0.50	0.79			0.69	3.59	0.35	2
20	17	18	19	20	1.20	0.40	0.50	0.50	0.30	3.80	0.55	4
21	6	0	0	21	0.50	0.76			0.66	3.56	0.30	2
22	7	0	0	22	0.50	0.68			0.58	3.48	0.50	4
23	20	21	22	23	1.20	0.23	0.43	0.43	0.23	3.73	0.60	4
24	8	0	0	24	0.50	0.65			0.60	3.40	0.25	3
25	9	0	0	25	0.50	0.70			0.60	3.50	0.35	3
26	23	24	25	26	1.40	0.17	0.42	0.37	0.12	3.82	0.55	4
27	10	14	26	27	1.40	0.37	0.22	0.07	0.07	3.77	0.70	4
28	27	0	0	28	1.40	0.00				3.77	0.00	

PARAMETRAR FÖR LEDNINGARNA

Lednings nr	Längd	Diam	AFULL	QFULL	Rel. råhet	Lednings nivå		Lutning
						övre	nedre	
1	60.00	0.300	0.0707	0.057	0.0010	1.09	0.91	0.0030
2	65.00	0.225	0.0398	0.033	0.0010	1.16	0.87	0.0045
3	50.00	0.225	0.0398	0.033	0.0010	1.10	0.87	0.0046
4	55.00	0.225	0.0398	0.033	0.0010	1.03	0.78	0.0045
5	65.00	0.225	0.0398	0.042	0.0010	1.27	0.79	0.0074
6	55.00	0.225	0.0398	0.033	0.0010	1.01	0.76	0.0045
7	55.00	0.225	0.0398	0.033	0.0010	0.93	0.68	0.0045
8	50.00	0.225	0.0398	0.033	0.0010	0.88	0.65	0.0046
9	55.00	0.225	0.0398	0.033	0.0010	0.95	0.70	0.0045
10	85.00	0.300	0.0707	0.058	0.0010	0.63	0.37	0.0031
11	60.00	0.400	0.1257	0.112	0.0010	0.86	0.71	0.0025
12	55.00	0.500	0.1963	0.180	0.0010	0.66	0.55	0.0020
13	60.00	0.500	0.1963	0.180	0.0010	0.55	0.43	0.0020
14	105.00	0.600	0.2827	0.253	0.0010	0.38	0.22	0.0015
15	80.00	0.400	0.1257	0.112	0.0010	0.77	0.57	0.0025
16	80.00	0.400	0.1257	0.112	0.0010	0.77	0.57	0.0025
17	75.00	0.600	0.2827	0.198	0.0010	0.47	0.40	0.0009
18	70.00	0.400	0.1257	0.113	0.0010	0.68	0.50	0.0026
19	75.00	0.400	0.1257	0.112	0.0010	0.69	0.50	0.0025
20	65.00	1.000	0.7854	0.815	0.0010	0.30	0.23	0.0011
21	90.00	0.400	0.1257	0.113	0.0010	0.66	0.43	0.0026
22	60.00	0.400	0.1257	0.112	0.0010	0.58	0.43	0.0025
23	60.00	1.000	0.7854	0.785	0.0010	0.23	0.17	0.0010
24	60.00	0.300	0.0707	0.057	0.0010	0.60	0.42	0.0030
25	90.00	0.400	0.1257	0.113	0.0010	0.60	0.37	0.0026
26	55.00	1.200	1.1310	1.207	0.0010	0.12	0.07	0.0009
27	65.00	1.200	1.1310	1.314	0.0010	0.07	0.00	0.0011

BILAGA 2

UTDRAG UR RAINFALL DATA FOR THE DESIGN OF SEWER
PIPE SYSTEMS VILKEN ANVÄNDES VID UTSORTERINGEN
AV REGNEN

The Bergsjön basin. Ranked peak-flow values calculated with a unit hydrograph. Marked groups represent storms with peak-flow values differing from the peak-flow value corresponding to the return period studied by at most ± 5%. Common historical "design storms" are underlined.

No	Return period year	Rainfall numbers and Peak flow values (m ³ /s) for pipe no													
		9		24		30		42		57		66		73	
1	32.28	596	0.3207	596	0.6153	596	0.3942	596	0.2736	596	0.2124	596	0.1745	596	1.763
2	11.88	2171	0.2276	2025	0.4511	2171	0.2892	2025	0.2205	2025	0.1620	2025	0.1291	2025	1.326
3	7.20	2025	0.2215	2171	0.4486	2025	0.2804	2171	0.2032	2171	0.1593	2171	0.1251	2171	1.279
4	5.16	<u>885</u>	0.2040	<u>885</u>	0.3778	<u>885</u>	0.2426	<u>885</u>	0.1799	<u>885</u>	0.1338	<u>885</u>	0.1064	<u>885</u>	1.136
5	4.02	1669	0.1698	475	0.3446	1669	0.2257	475	0.1613	475	0.1217	1669	0.0979	1669	0.994
6	3.29	2302	0.1689	1669	0.3391	2302	0.2127	1669	0.1563	1669	0.1213	475	0.0976	475	0.953
7	2.79	1036	0.1621	620	0.3121	1036	0.2113	759	0.1444	2280	0.1134	1036	0.0850	1909	0.892
8	2.41	1568	0.1594	2280	0.3111	475	0.2092	620	0.1383	620	0.1113	620	0.0839	2302	0.866
9	2.13	475	0.1585	1909	0.3089	1568	0.1994	1909	0.1381	1909	0.1072	1909	0.0839	620	0.858
10	1.91	1759	0.1564	1778	0.2970	1909	0.1935	893	0.1302	1778	0.1064	2302	0.0839	759	0.855
11	1.73	759	0.1555	1265	0.2923	759	0.1930	2280	0.1302	1265	0.1044	2280	0.0837	1036	0.848
12	1.58	1909	0.1552	759	0.2918	2280	0.1867	2302	0.1271	759	0.1029	759	0.0819	2280	0.815
13	1.45	<u>1023</u>	0.1540	<u>2302</u>	0.2869	620	0.1803	<u>1568</u>	0.1260	<u>2302</u>	0.1014	893	0.0791	<u>1568</u>	0.814
14	1.34	2280	0.1485	893	0.2861	1023	0.1795	1778	0.1255	893	0.1013	1568	0.0784	893	0.801
15	1.25	619	0.1387	<u>1036</u>	0.2829	900	0.1775	1265	0.1241	1036	0.1010	1778	0.0778	1265	0.784
16	1.17	900	0.1382	1541	0.2787	1759	0.1759	1668	0.1235	1541	0.0971	1265	0.0768	1778	0.779
17	1.10	620	0.1365	1568	0.2705	1289	0.1727	1036	0.1232	2397	0.0960	1541	0.0748	1541	0.722
18	1.04	1249	0.1339	1668	0.2701	893	0.1702	1541	0.1220	1668	0.0950	1668	0.0735	1024	0.712
19	0.98	893	0.1319	<u>2397</u>	0.2699	1024	0.1692	2397	0.1195	1568	0.0940	2397	0.0724	2397	0.709
20	0.93	1024	0.1316	1432	0.2485	1265	0.1659	1432	0.1137	1432	0.0895	1024	0.0716	1759	0.707
21	0.88	1265	0.1259	1905	0.2458	619	0.1600	493	0.1130	1905	0.0872	1432	0.0696	1249	0.705
22	0.84	1261	0.1225	1445	0.2403	1778	0.1584	1249	0.1126	1906	0.0857	1249	0.0684	1668	0.705
23	0.81	1301	0.1225	493	0.2353	1261	0.1577	710	0.1110	1445	0.0854	1905	0.0680	1432	0.695
24	0.77	1778	0.1210	1906	0.2344	2397	0.1575	1759	0.1101	493	0.0829	1906	0.0668	1023	0.680
25	0.74	1541	0.1203	1024	0.2143	1541	0.1559	1301	0.1089	1249	0.0925	1301	0.0664	1301	0.679
26	0.71	2283	0.1197	2283	0.2307	1301	0.1539	2283	0.1086	1301	0.0822	1261	0.0662	1905	0.656
27	0.68	2397	0.1196	2174	0.2306	1806	0.1523	1906	0.1076	2283	0.0810	1445	0.0651	1261	0.663
28	0.66	1806	0.1192	1249	0.2302	1905	0.1523	1024	0.1068	2174	0.0808	2174	0.0645	1906	0.663
29	0.64	1432	0.1178	1301	0.2295	2283	0.1510	1905	0.1068	1024	0.0804	900	0.0627	1445	0.652
30	0.61	1905	0.1159	1261	0.2199	1432	0.1508	1445	0.1061	1261	0.0782	2283	0.0619	619	0.649
31	0.59	1568	0.1148	1805	0.2093	1668	0.1490	2174	0.1040	1805	0.0749	1806	0.0610	710	0.646
32	0.58	710	0.1136	347	0.2086	710	0.1467	1261	0.1037	2411	0.0744	1023	0.0606	900	0.639
33	0.56	1906	0.1123	2411	0.2067	1906	0.1467	1023	0.1021	347	0.0735	710	0.0603	2283	0.635
34	0.54	711	0.1101	1806	0.2061	716	0.1416	900	0.1001	2276	0.0731	347	0.0599	493	0.625
35	0.53	716	0.1093	2276	0.2044	1445	0.1411	1806	0.0991	1806	0.0725	1759	0.0599	2174	0.623
36	0.51	1445	0.1079	710	0.2005	1912	0.1402	619	0.0982	1912	0.0716	1572	0.0581	347	0.614
37	0.50	1/2-2174	0.1078	1274	0.1991	1572	0.1389	711	0.0961	710	0.0714	716	0.0578	1806	0.614
38	0.48	493	0.1077	1539	0.1976	1268	0.1387	716	0.0956	1274	0.0708	493	0.0572	716	0.585
39	0.47	1572	0.1068	1912	0.1961	711	0.1373	347	0.0938	1917	0.0695	711	0.0572	1917	0.572
40	0.46	1912	0.1064	716	0.1960	2174	0.1365	1274	0.0931	716	0.0692	1805	0.0559	711	0.572
41	0.45	1249	0.1052	1917	0.1920	347	0.1363	1917	0.0922	1282	0.0688	1274	0.0566	1572	0.569
42	0.44	347	0.1033	1759	0.1909	1917	0.1328	2411	0.0910	1539	0.0678	619	0.0563	1805	0.565
43	0.43	1917	0.1020	1282	0.1903	493	0.1327	1572	0.0903	711	0.0664	1268	0.0563	1912	0.565
44	0.42	607	0.0995	1023	0.1895	407	0.1295	1805	0.0901	1572	0.0659	1282	0.0549	1274	0.565
45	0.41	1539	0.0995	1572	0.1894	1282	0.1270	1912	0.0895	619	0.0651	1917	0.0548	2283	0.565
46	0.40	1282	0.0991	711	0.1868	1805	0.1251	1282	0.0885	1268	0.0641	1539	0.0547	1282	0.565
47	0.39	1447	0.0959	619	0.1830	1274	0.1219	607	0.0868	900	0.0640	1412	0.0547	2411	0.565

The Linköping 1 basin. Ranked peak-flow values calculated with a unit hydrograph. Marked groups represent storms with peak-flow values differing from the peak-flow value corresponding to the return period studied by at most ± 5%. Common historical "design storms" are underlined.

No	Return period year	Rainfall numbers and Peak flow values (m ³ /s) for pipe no													
		26		72		73		84		89		106		125	
1	32.28	596	3.2763	596	5.9092	596	8.1593	596	1.5337	596	8.9550	596	1.4760	596	11.65
2	11.88	2025	2.4384	2025	5.1825	2025	7.1610	2025	1.1827	2025	8.0471	2025	1.2767	2025	10.42
3	7.20	2171	2.1815	2171	4.5716	2171	6.1455	2171	1.1567	2171	6.6553	2171	1.1031	2171	8.73
4	5.16	<u>885</u>	1.8748	<u>885</u>	4.0555	<u>885</u>	5.4119	<u>885</u>	0.9513	<u>885</u>	6.1856	<u>885</u>	0.9228	<u>885</u>	7.08
5	4.02	759	1.7701	1265	3.4343	1265	4.7430	1669	0.8599	1265	5.2959	1265	0.8271	1265	6.81
6	3.29	1669	1.7274	1778	3.3286	1778	4.6910	475	0.8119	1778	5.1244	1778	0.8252	1778	6.71
7	2.79	620	1.6505	1669	3.2550	759	4.3827	620	0.7759	759	4.8895	759	0.7844	759	6.26
8	2.41	1568	1.5477	2280	3.1791	2280	4.3377	1778	0.7647	2280	4.6451	1669	0.7499	2280	6.04
9	2.13	475	1.4956	475	3.1305	1669	4.3053	1909	0.7629	1669	4.6354	2280	0.7452	1669	6.04
10	1.91	1778	1.4948	620	3.0877	620	4.2142	1265	0.7491	620	4.4902	620	0.7025	620	5.85
11	1.73	1909	1.4759	1909	3.0720	475	4.0850	2280	0.7431	1909	4.3893	1909	0.6805	1909	5.65
12	1.58	1668	1.4232	759	2.9914	1909	4.0829	759	0.7356	475	4.2783	475	0.6746	475	5.55
13	1.45	1445	1.4219	893	2.6948	1445	3.6943	893	0.7088	1445	4.0048	493	0.6456	493	5.14
14	1.34	1265	1.3643	1036	2.6815	493	3.5965	1036	0.7084	2811	3.9948	893	0.6227	1445	5.16
15	1.25	2280	1.3271	1541	2.6576	1668	3.5878	2302	0.6808	493	3.9804	1668	0.6207	2411	5.13
16	1.17	1036	1.3094	493	2.5743	2411	3.5700	1668	0.6550	1282	3.8714	2411	0.6071	1668	5.05
17	1.10	2411	1.3054	1668	2.5557	893	3.5445	1541	0.6537	1668	3.8581	1445	0.6049	1282	4.97
18	1.04	893	1.3047	1445	2.5388	1541	3.5064	1568	0.6507	1541	3.8335	1282	0.6041	893	4.93
19	0.98	2302	1.2747	2397	2.5377	1036	3.4932	2397	0.6382	893	3.7717	1541	0.5736	1541	4.90
20	0.93	1432	1.2468	1432	2.4974	1282	3.4269	1432	0.6205	1036	3.7118	1432	0.5710	1036	4.76
21	0.88	1262	1.1749	2411	2.4124	2397	3.3660	1445	0.5860	1432	3.6459	2397	0.5581	1432	4.67
22	0.84	1541	1.1734	2302	2.4053	1432	3.3242	1301	0.5829	2397	3.5734	1036	0.5547	2397	4.63
23	0.81	2397	1.1448	1905	2.3974	1568	3.2750	1905	0.5825	1805	3.5433	1805	0.5515	1805	4.58
24	0.77	347	1.1299	1568	2.3912	1905	3.2489	1249	0.5773	1905	3.4600	2276	0.5464	1905	4.51
25	0.74	1572	1.1249	1805	2.3199	1805	3.2443	493	0.5660	1568	3.4566	1905	0.5434	1568	4.45
26	0.71	493	1.1001	1282	2.3166	2276	3.1055	2283	0.5646	2276	3.3917	347	0.5421	2276	4.42
27	0.68	1301	1.0922	2276	2.2666	347	3.0516	1906	0.5609	347	3.3744	1301	0.5405	347	4.35
28	0.66	1806	1.0												

The Linköping 2 basin. Ranked peak-flow values calculated with a unit hydrograph. Marked groups represent storms with peak-flow values differing from the peak-flow value corresponding to the return period studied by at most ± 5%. Common historical "design storms" are underlined.

No	Return period year	Rainfall numbers and Peak flow values (m ³ /s) for pipe no													
		7	15	29	35	38	51	54							
1	32.28	596	0.2746	596	0.5174	596	0.8476	596	0.2935	596	0.4218	596	0.9426	596	1.960
2	11.88	2025	0.2015	2025	0.3717	2025	0.7570	2025	0.2146	2025	0.3570	2025	0.7793	2025	1.640
3	7.20	2171	0.1935	2171	0.3578	2171	0.7028	2171	0.2056	2171	0.3335	2171	0.7486	2171	1.572
4	5.16	<u>885</u>	<u>0.1734</u>	<u>885</u>	<u>0.3286</u>	<u>885</u>	<u>0.5685</u>	<u>885</u>	<u>0.1914</u>	<u>885</u>	<u>0.2690</u>	<u>885</u>	<u>0.6075</u>	<u>885</u>	<u>1.264</u>
5	4.02	1669	0.1536	1775	0.2820	1669	0.4985	1669	0.1599	1669	0.2441	1669	0.5451	1669	1.132
6	3.29	475	0.1472	1669	0.2793	2280	0.4843	475	0.1598	475	0.2423	475	0.5201	475	1.073
7	2.79	2302	0.1395	2280	0.2740	475	0.4750	2280	0.1527	2280	0.2419	620	0.5021	1778	1.042
8	2.41	1036	0.1378	620	0.2562	620	0.4728	1036	0.1520	620	0.2298	1778	0.4949	620	1.037
9	2.13	<u>1909</u>	<u>0.1305</u>	<u>1909</u>	<u>0.2545</u>	<u>1778</u>	<u>0.4686</u>	<u>1265</u>	<u>0.1442</u>	<u>1778</u>	<u>0.2290</u>	<u>1909</u>	<u>0.4910</u>	<u>2280</u>	<u>1.028</u>
10	1.91	620	0.1303	1036	0.2516	1909	0.4584	620	0.1440	1909	0.2274	2280	0.4844	1265	1.016
11	1.73	2280	0.1295	1265	0.2488	1265	0.4522	1909	0.1440	1265	0.2241	1265	0.4808	1909	1.014
12	1.58	1568	0.1251	1778	0.2478	759	0.4400	2302	0.1436	759	0.2066	759	0.4741	759	0.984
13	1.45	759	0.1248	2302	0.2372	893	0.4229	1778	0.1423	893	0.2050	893	0.4626	893	0.958
14	1.34	1265	0.1231	893	0.2272	1036	0.4048	1568	0.1358	1036	0.2029	1036	0.4436	1036	0.919
15	1.25	893	0.1226	1568	0.2272	2302	0.3951	893	0.1316	1541	0.1964	2302	0.4340	2302	0.899
16	1.17	1778	0.1215	1541	0.2256	1541	0.3874	759	0.1299	1668	0.1928	1668	0.4158	1668	0.860
17	1.10	1541	0.1165	2397	0.2212	1668	0.3810	2397	0.1285	2397	0.1928	1541	0.4147	1541	0.857
18	1.04	2397	0.1156	759	0.2211	2397	0.3793	1541	0.1278	2302	0.1895	1568	0.4077	1568	0.851
19	0.98	1668	0.1143	1668	0.2160	1568	0.3759	1668	0.1258	1568	0.1840	2397	0.4031	2397	0.834
20	0.93	1432	0.1117	1905	0.2059	1432	0.3549	1905	0.1211	1432	0.1797	1432	0.3916	1432	0.818
21	0.88	1024	0.1109	1432	0.2041	493	0.3492	1432	0.1193	1905	0.1779	493	0.3812	493	0.790
22	0.84	1906	0.1076	1249	0.1949	1905	0.3443	493	0.1149	493	0.1768	1301	0.3691	1445	0.764
23	0.81	1249	0.1051	1445	0.1944	1445	0.3339	1249	0.1127	1445	0.1738	1445	0.3670	1301	0.763
24	0.77	1445	0.1045	493	0.1940	1249	0.3376	1024	0.1121	2283	0.1640	2283	0.3657	1905	0.759
25	0.74	1905	0.1040	1906	0.1896	1301	0.3367	1445	0.1121	1906	0.1629	1905	0.3648	2283	0.753
26	0.71	1301	0.1024	1261	0.1889	2283	0.3365	1301	0.1116	2276	0.1626	1249	0.3632	1249	0.745
27	0.68	1261	0.1014	1301	0.1879	2276	0.3303	1261	0.1110	1301	0.1613	1906	0.3620	1906	0.744
28	0.66	2174	0.1003	2174	0.1863	347	0.3242	1906	0.1084	2174	0.1608	2174	0.3546	2174	0.726
29	0.64	900	0.0980	2283	0.1859	1906	0.3196	2174	0.1076	1805	0.1500	1024	0.3545	347	0.722
30	0.61	2283	0.0980	1024	0.1835	2411	0.3184	1805	0.1056	1249	0.1596	347	0.3438	2276	0.722
31	0.59	1806	0.0938	1805	0.1832	1024	0.3168	2283	0.1055	2411	0.1565	1806	0.3413	1024	0.721
32	0.58	347	0.0928	2276	0.1807	2174	0.3160	900	0.1046	1261	0.1529	2411	0.3406	2411	0.717
33	0.56	493	0.0908	347	0.1742	1805	0.3121	2276	0.1030	347	0.1516	2276	0.3404	1805	0.706
34	0.54	1759	0.0906	900	0.1736	1261	0.3070	347	0.1016	1024	0.1484	1261	0.3395	1806	0.703
35	0.53	736	0.0904	1917	0.1705	736	0.3051	1917	0.0998	1806	0.1430	1805	0.3343	1261	0.702
36	0.51	710	0.0903	2411	0.1702	711	0.3021	1806	0.0976	1912	0.1424	710	0.3227	711	0.673
37	0.50	<u>1805</u>	<u>0.0903</u>	<u>1806</u>	<u>0.1692</u>	<u>1806</u>	<u>0.3014</u>	<u>2411</u>	<u>0.0972</u>	<u>613</u>	<u>0.1404</u>	<u>736</u>	<u>0.3220</u>	<u>1917</u>	<u>0.667</u>
38	0.48	1572	0.0888	1759	0.1671	1917	0.3000	736	0.0962	736	0.1404	1911	0.3196	736	0.665
39	0.47	711	0.0875	710	0.1668	1282	0.2893	1759	0.0958	1917	0.1400	1917	0.3196	710	0.660
40	0.46	1268	0.0875	736	0.1656	710	0.2882	1268	0.0947	1274	0.1399	1274	0.3100	1282	0.647
41	0.45	2411	0.0874	1912	0.1647	1274	0.2799	710	0.0946	710	0.1392	1282	0.3097	1274	0.633
42	0.44	1274	0.0861	1023	0.1643	1912	0.2793	1912	0.0946	1282	0.1371	607	0.3004	607	0.625
43	0.43	1912	0.0854	1268	0.1617	607	0.2775	1023	0.0935	711	0.1348	1572	0.2971	1912	0.614
44	0.42	1023	0.0851	613	0.1593	613	0.2775	711	0.0934	2266	0.1292	900	0.2951	613	0.606
45	0.41	2276	0.0851	1572	0.1577	900	0.2747	1282	0.0931	607	0.1288	1912	0.2933	1572	0.604
46	0.40	1539	0.0845	1274	0.1569	1759	0.2668	1572	0.0930	1539	0.1288	613	0.2888	900	0.603
47	0.39	1917	0.0843	619	0.1565	1572	0.2664	613	0.0913	1572	0.1251	1268	0.2874	2424	0.592

BILAGA 3

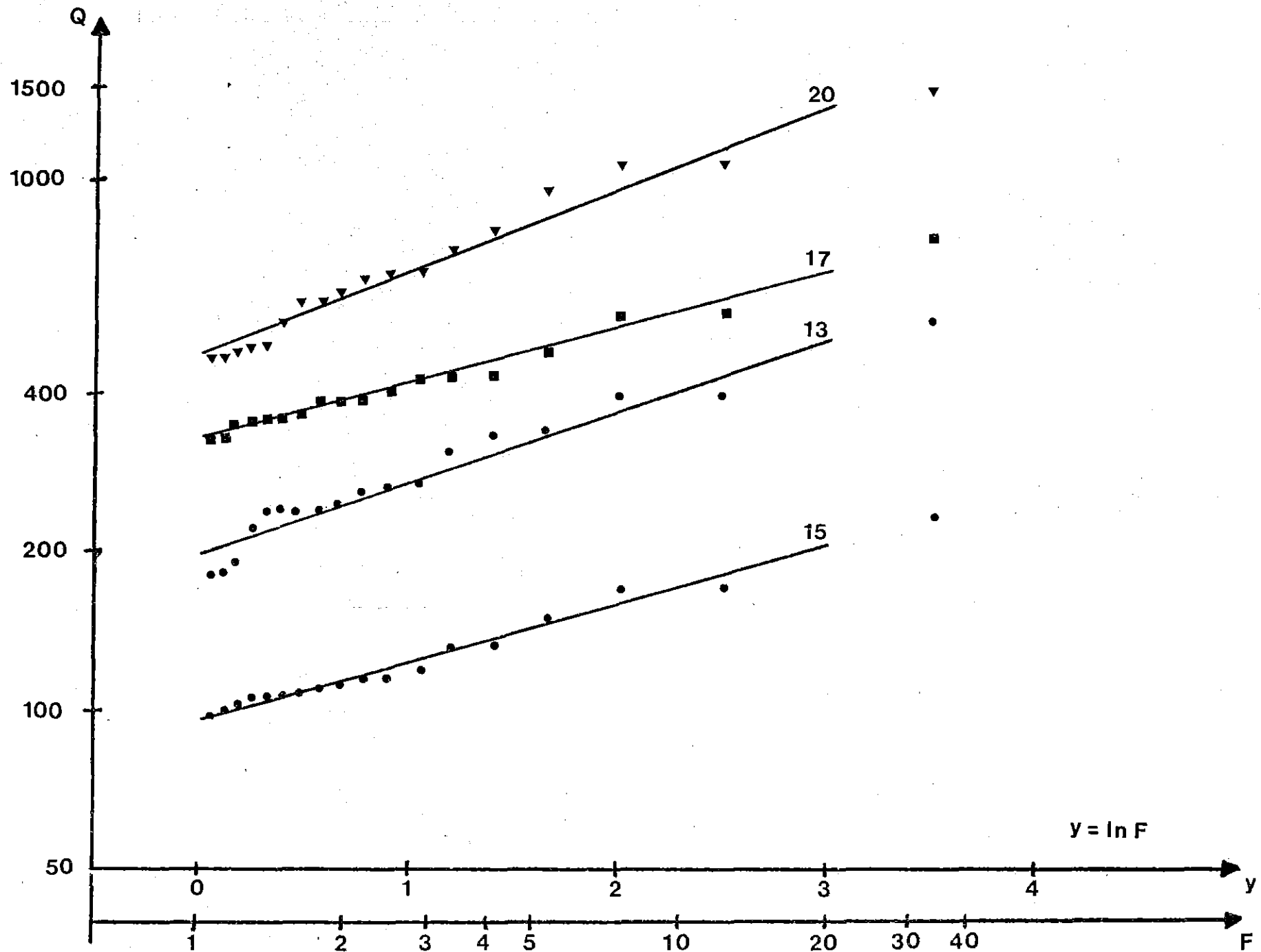
**BESKRIVNING AV DE TYPOMRÅDEN SOM AVRINNINGSSOMRÅDET
DELATS UPP I VID STURE-ANALYSEN**

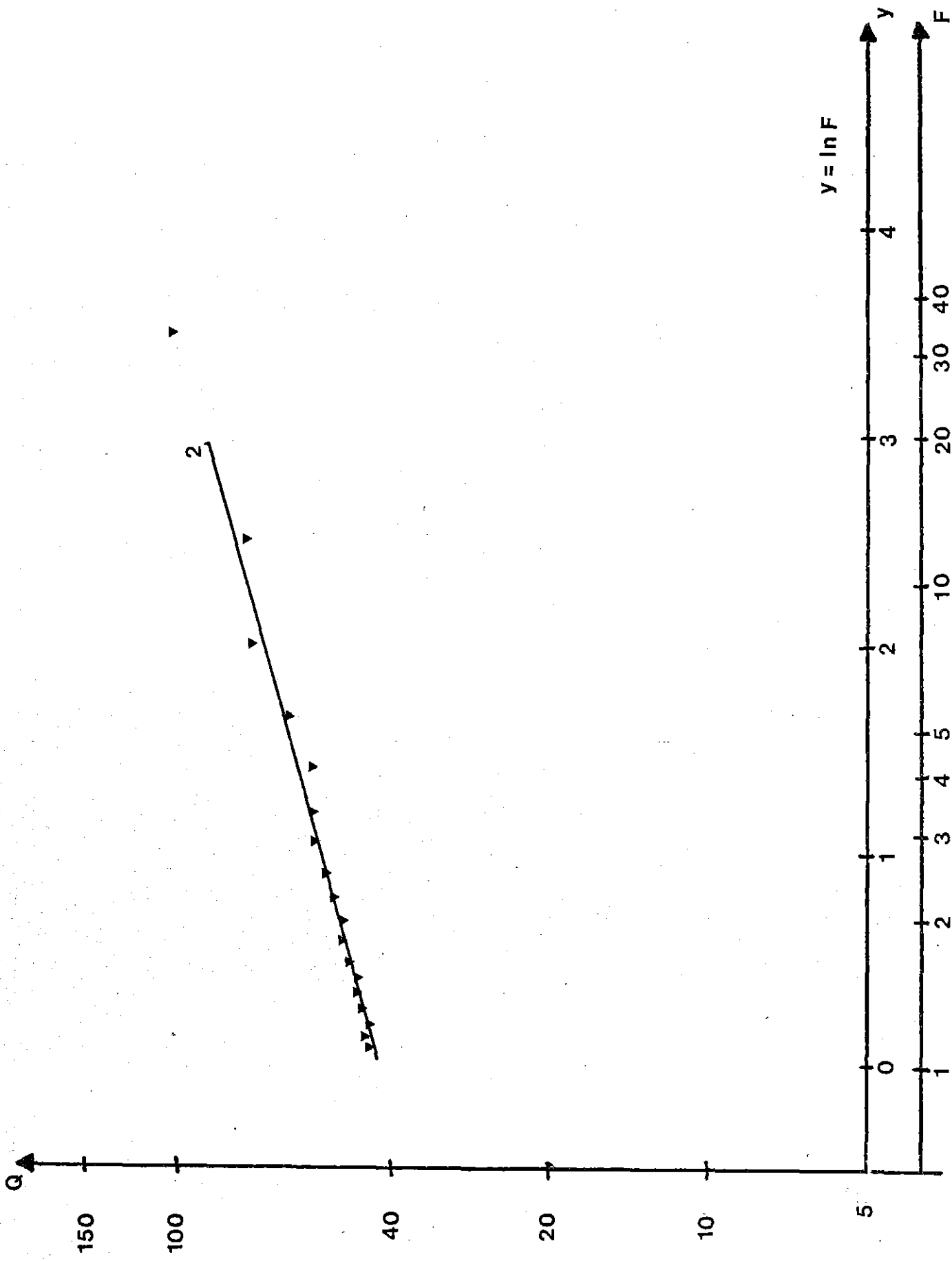
DELOMRÅDEN

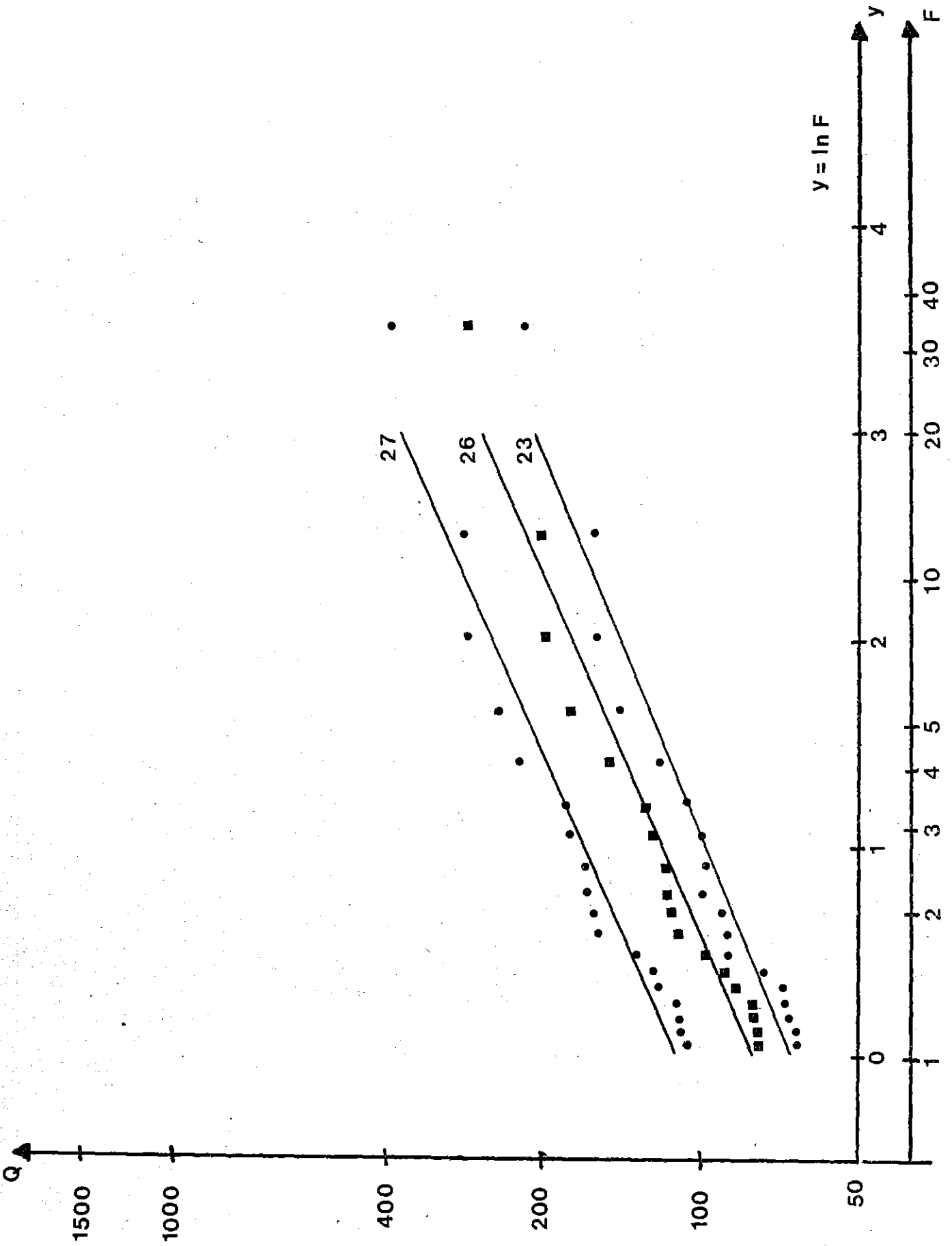
	<u>Brunn nr.</u>	<u>Area [ha]</u>	<u>Gatarea [ha]</u>	<u>Takarea [ha]</u>
<u>Typ 1</u>	5	0,25	0,0372	0,2128
	6	0,25	0,0370	0,2130
	21	0,30	0,0450	0,2550
<u>Typ 2</u>	14	0,40	0,0574	0,3426
	19	0,35	0,0464	0,3036
	25	0,35	0,0496	0,3004
<u>Typ 3</u>	3	0,25	0,0240	0,2260
	4	0,25	0,0300	0,2194
	7	0,15	0,0230	0,1270
<u>Typ 4</u>	1	0,35	0,0872	0,2628
	2	0,35	0,0856	0,1644
	10	0,45	0,0896	0,3604
	11	0,45	0,1216	0,3584
	12	0,35	0,0848	0,2652
	16	0,60	0,0848	0,2652
	18	0,45	0,1016	0,2484
	22	0,50	0,0906	0,4004
	24	0,25	0,0667	0,1833
<u>Typ 5</u>	20	0,70	0,3291	0,3709
<u>Typ 6</u>	20	0,55	0,2286	0,3214
	23	0,60	0,2755	0,3245
	15	0,55	0,3171	0,2329
<u>Typ 7</u>	9	0,20	0,0568	0,1432
	13	0,25	0,0680	0,1820
	15	0,35	0,0632	0,2868
<u>Typ 8</u>	8	0,15	0,0825	0,0675

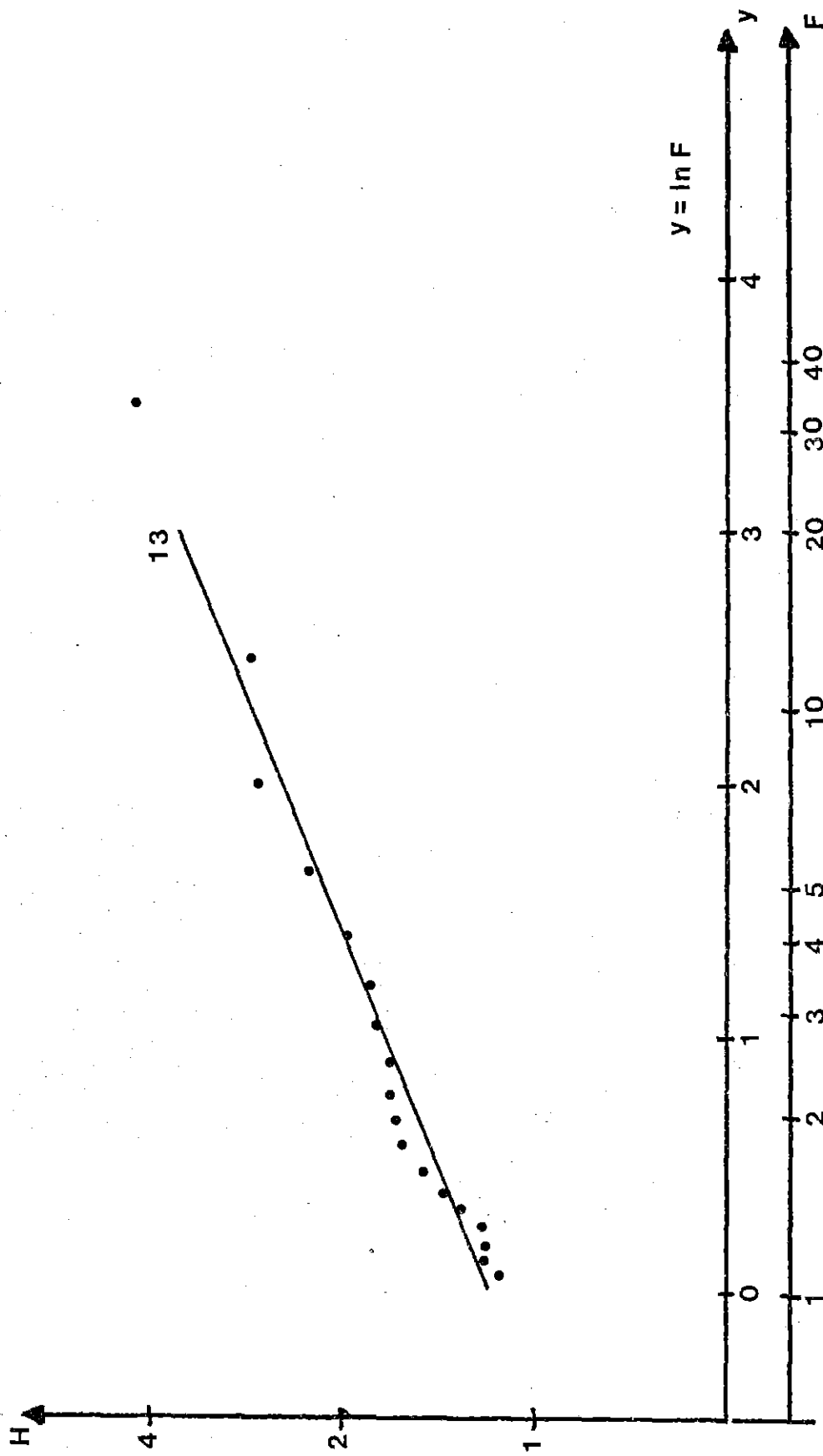
BILAGA 4

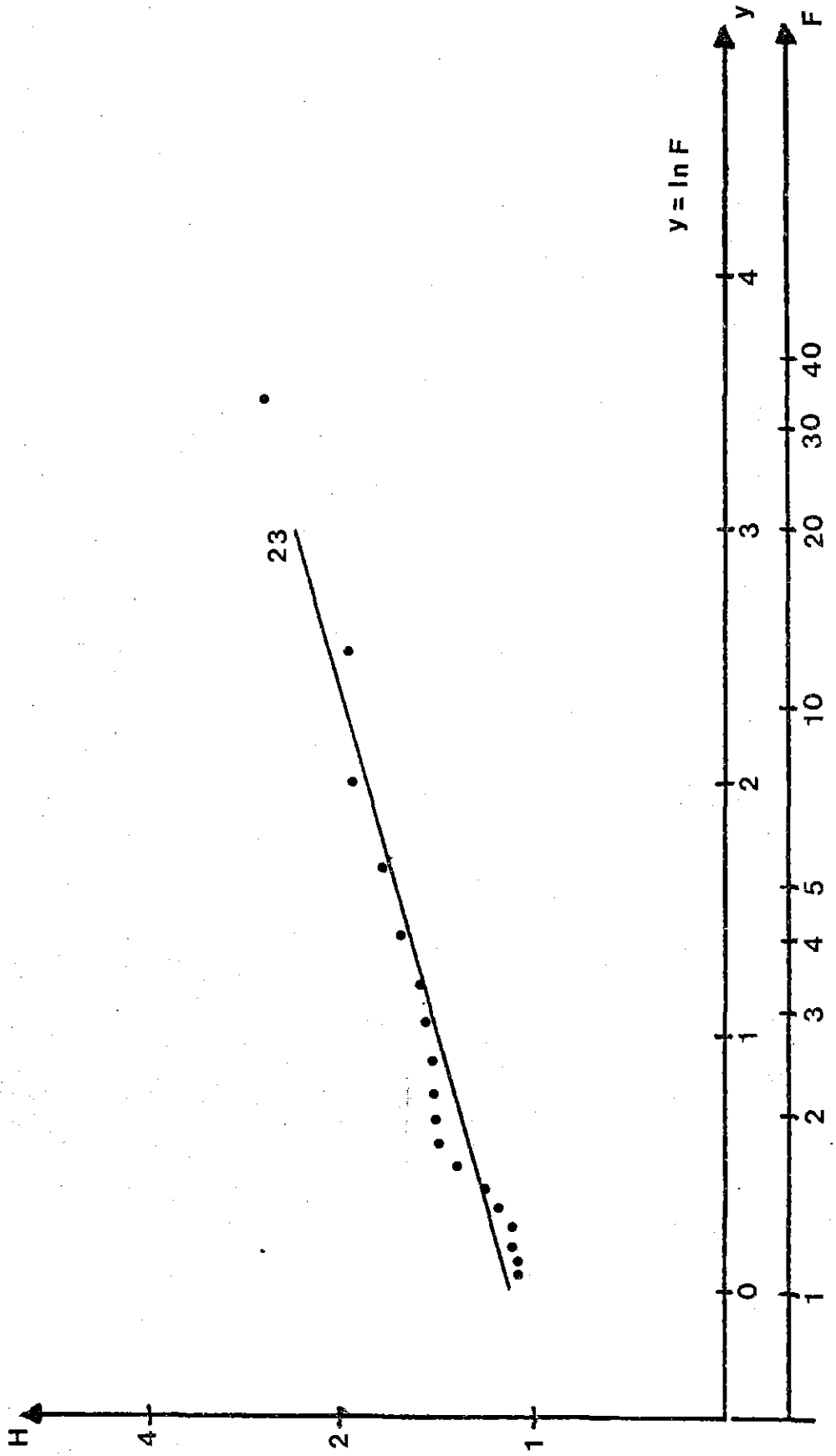
STATISTISK FÖRDELNING AV BERÄKNADE MAX-FLÖDEN
OCH MAX-TRYCKNIVÅER

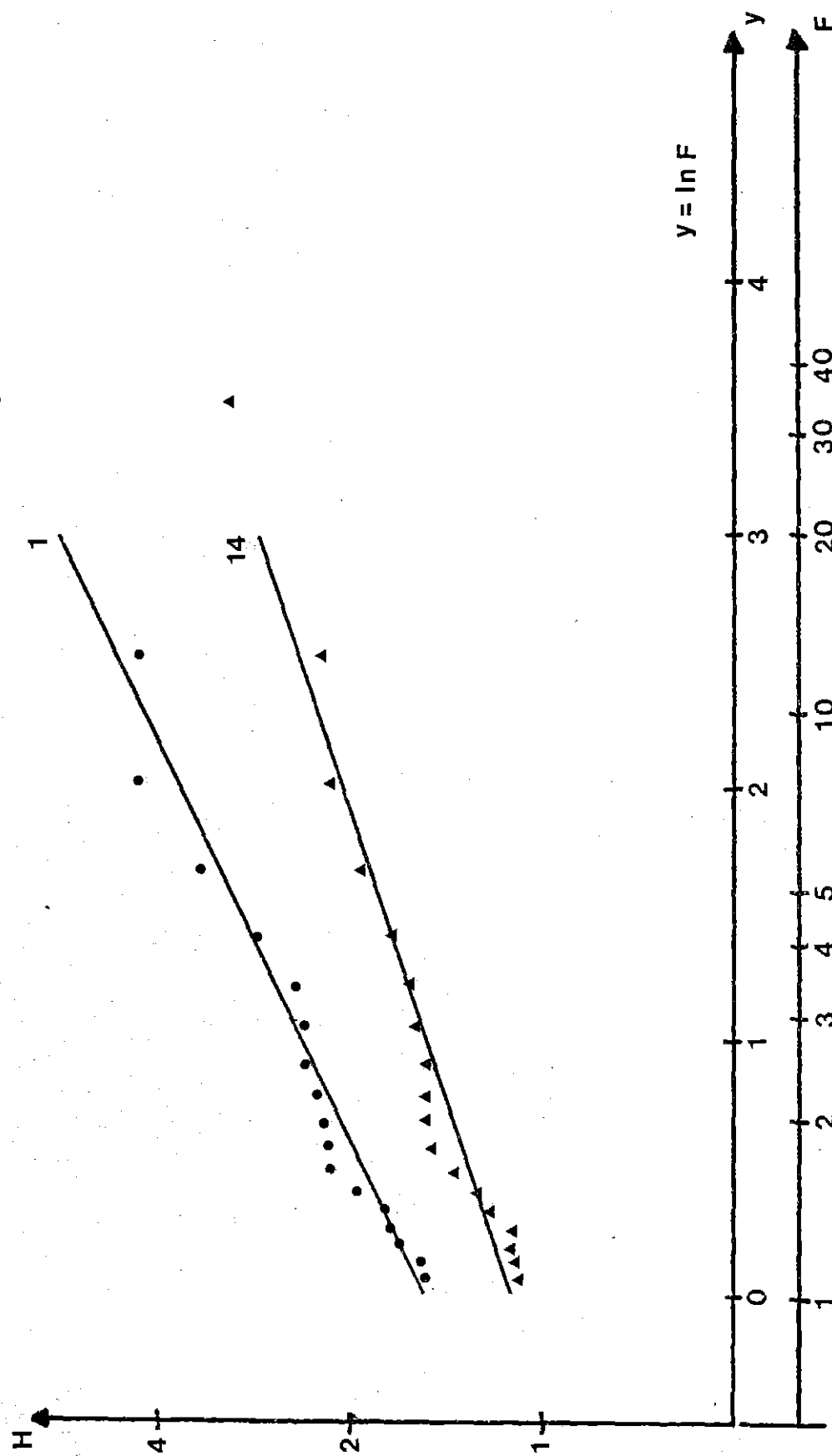


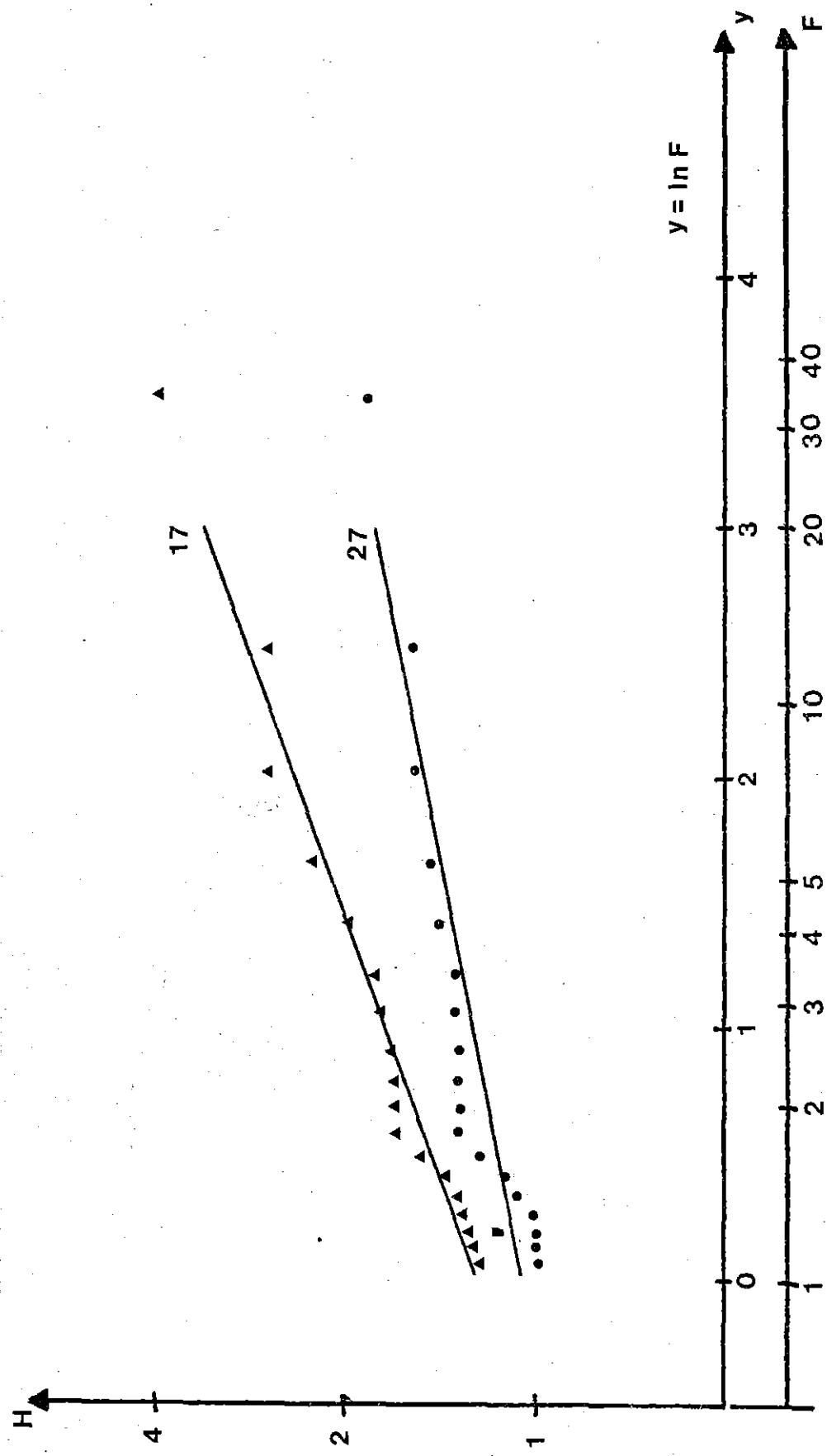


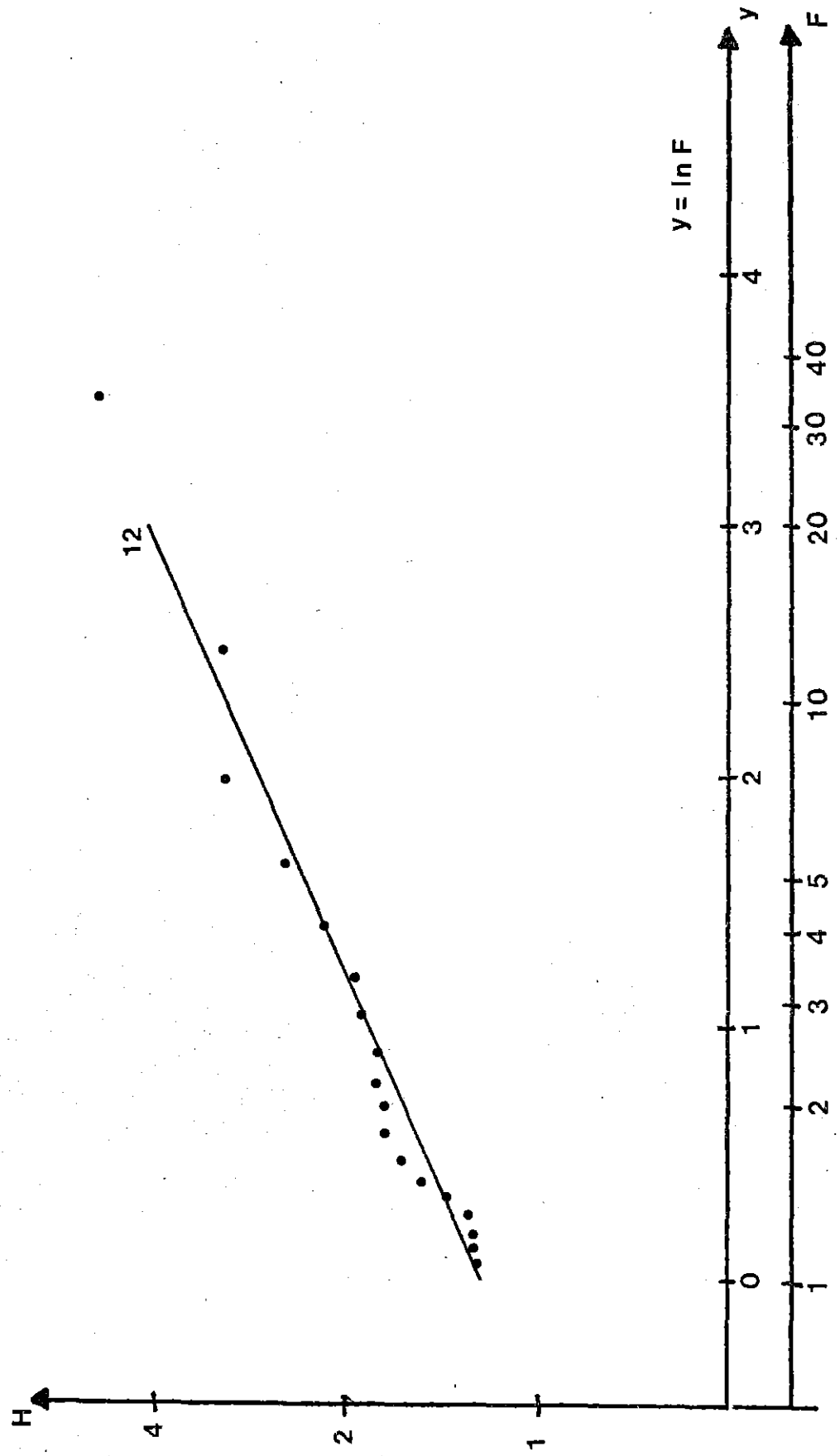


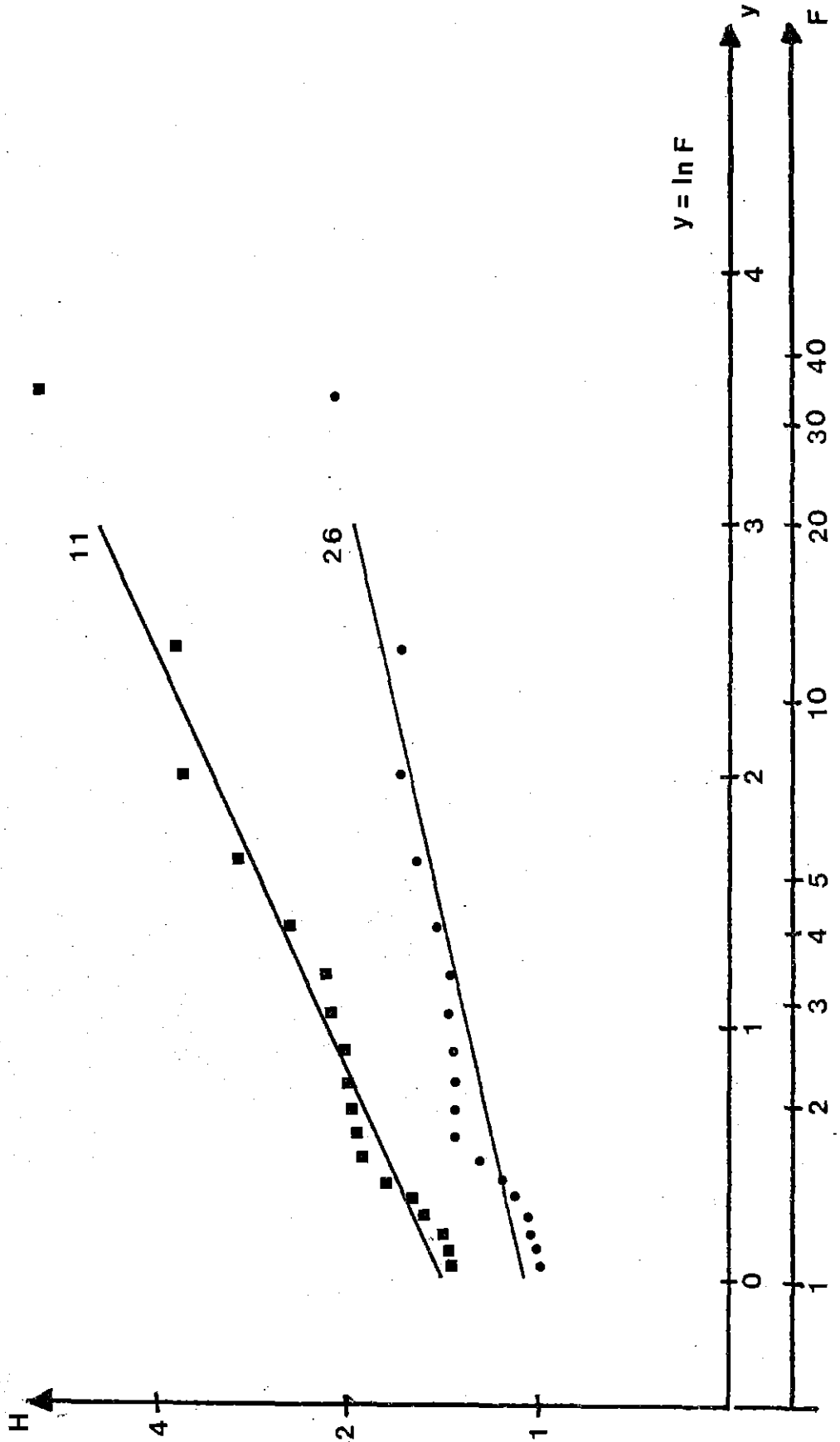












BILAGA 5

TRYCKNIVÅER ERHÅLLNA VID BERÄKNING MED NIVANETT
OCH DAGVL-DIFF SAMT ANTAL FASTIGHETSÖVERSVÄMNINGAR

Trycklinje över hjässan för regn nr (+-höjd trycklinje)

Knut nr.	+-höjd 0,3m över hjässan		Antal fastigheter	+-höjd 0,5m över hjässan		475		596		620		759		885		893		1036		1265		1669		1778		1909		2025		2171		2280		2302		Antal ösv på 18 år, h=0,3m		Antal ösv på 18 år, h=0,5m		Antal ösv fastigheter, h=0,3m		Antal ösv fastigheter, h=0,5m	
	1	2		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2		
1	1.69	1.89	2	2.4	2.7	9.6	9.3	2.4	2.2	3.0	2.6	3.9	4.2	2.2	2.3	2.2	2.0	2.1	2.1	3.5	3.4	2.4	2.2	2.5	2.4	5.2	5.1	5.4	5.4	2.1	2.1	2.1	1.9	19	19	38	38	38	38				
2	1.69	1.89	2	2.7	2.8	10.1	9.9	2.6	2.4	3.2	2.8	4.2	4.5	2.3	2.5	2.7	2.4	2.2	2.3	3.7	3.6	2.5	2.3	2.6	2.6	5.5	5.3	5.7	5.7	2.1	2.2	2.6	2.2	19	19	38	38	38	38				
3	1.63	1.83	3	2.8	3.0	10.5	10.4	2.6	2.5	3.3	2.9	4.3	4.7	2.4	2.5	2.8	2.7	2.2	2.3	3.8	3.7	2.5	2.4	2.7	2.7	5.7	5.6	5.9	5.9	2.2	2.3	2.7	2.5	19	19	57	57	57	57				
4	1.56	1.76	2	2.2	2.5	8.2	8.0	2.2	2.1	2.8	2.4	3.4	3.8	2.0	2.2	2.3	2.1	2.0	2.0	3.1	3.1	2.2	2.1	2.2	2.2	4.6	4.4	4.7	4.7	1.9	2.0	2.2	2.0	19	19	38	38	38	38				
5	1.80	2.00	2	2.3	2.5	8.4	8.2	2.3	2.1	2.8	2.4	3.5	3.8	2.0	2.2	2.2	2.1	2.0	2.1	3.2	3.1	2.2	2.1	2.2	2.2	4.7	4.5	4.8	4.8	1.9	2.0	2.2	1.9	19	19	38	38	38	32				
6	1.54	1.74	2	2.1	2.4	7.6	7.3	2.1	2.0	2.6	2.3	3.2	3.5	1.8	2.1	2.0	1.8	1.9	2.0	2.9	2.8	2.1	2.0	2.1	2.1	4.3	4.1	4.4	4.3	1.8	1.9	2.0	1.8	19	19	38	38	38	38				
7	1.46	1.66	2	1.7	1.9	5.5	5.2	1.8	1.8	2.2	1.9	2.4	2.6	1.5	1.7	1.5	1.6	1.7	1.7	2.3	2.2	1.8	1.7	1.7	1.7	3.2	3.1	3.4	3.2	1.6	1.7	1.4	1.4	16	16	9	15	32	32				
8	1.41	1.61	2	1.6	1.9	5.5	5.3	1.8	1.8	2.2	1.9	2.4	2.7	1.5	1.8	1.6	1.3	1.7	1.7	2.3	2.3	1.8	1.7	1.6	1.8	3.3	3.1	3.4	3.3	1.6	1.7	1.6	1.2	19	15	38	30	20	30				
9	1.48	1.68	2	1.6	2.0	5.8	5.5	1.9	1.8	2.2	1.9	2.5	2.8	1.5	1.8	1.6	1.4	1.7	1.7	2.4	2.3	1.9	1.8	1.7	1.8	3.4	3.3	3.5	3.4	1.6	1.7	1.6	1.3	19	15	38	30	20	30				
10	1.23	1.43	4	1.6	2.0	5.7	5.5	1.9	1.7	2.2	2.0	2.5	2.8	1.5	1.8	1.8	1.5	1.7	1.7	2.4	2.4	1.8	1.7	1.7	1.8	3.3	3.2	3.4	3.4	1.6	1.7	1.7	1.4	19	16	76	76	76	64				
11	1.56	1.76	4	2.1	2.4	8.1	7.9	2.2	2.0	2.7	2.4	3.4	3.6	1.9	2.1	1.8	1.6	2.0	1.9	3.1	2.9	2.2	2.0	2.2	2.1	4.5	4.4	4.6	4.6	1.9	1.9	1.8	1.5	19	16	76	64	76	60				
12	1.46	1.66	4	1.8	2.0	6.4	6.2	2.0	1.8	2.3	2.0	2.8	2.9	1.6	1.8	1.5	1.3	1.8	1.7	2.6	2.4	1.9	1.8	1.8	1.8	3.7	3.6	3.8	3.8	1.7	1.7	1.4	1.2	16	15	64	60	48	60				
13	1.35	1.55	1	1.6	1.8	5.4	5.3	1.8	1.6	2.1	1.9	2.4	2.6	1.5	1.7	1.3	1.3	1.7	1.6	2.3	2.1	1.8	1.7	1.6	1.6	3.2	3.2	3.3	3.3	1.6	1.6	1.2	1.2	15	15	15	15	12	15				
14	1.28	1.48	3	1.4	1.5	3.9	3.7	1.6	1.5	1.8	1.6	2.0	2.0	1.3	1.5	1.0	1.2	1.5	1.4	1.9	1.7	1.6	1.5	1.4	1.4	2.5	2.4	2.5	2.5	1.4	1.5	1.0	1.1	12	15	9	13	36	45				
15	1.47	1.67	3	1.8	2.0	6.4	6.2	2.0	1.8	2.3	2.1	2.8	3.0	1.6	1.8	1.7	1.6	1.8	1.8	2.6	2.4	1.9	1.8	1.8	1.8	3.7	3.6	3.8	3.7	1.7	1.8	1.7	1.4	19	16	57	48	48	45				
16	1.47	1.67	2	2.1	2.3	7.7	7.5	2.2	2.0	2.6	2.3	3.2	3.5	1.9	2.1	2.1	1.8	1.9	2.0	3.0	2.8	2.1	2.0	2.1	2.1	4.3	4.2	4.4	4.4	1.8	1.9	2.0	1.7	19	19	38	38	38	38				
17	1.37	1.57	4	1.6	1.8	5.2	5.0	1.8	1.7	2.1	1.8	2.3	2.5	1.4	1.7	1.4	1.5	1.6	1.6	2.2	2.1	1.8	1.7	1.6	1.6	3.1	3.0	3.2	3.1	1.6	1.6	1.4	1.3	19	16	76	64	44	60				
18	1.38	1.58	3	1.6	1.8	5.1	4.8	1.8	1.7	2.0	1.8	2.3	2.5	1.4	1.7	1.4	1.5	1.6	1.6	2.2	2.1	1.7	1.7	1.6	1.6	3.0	2.9	3.1	3.1	1.6	1.6	1.3	1.3	15	16	45	48	27	45				
19	1.39	1.59	2	1.5	1.7	4.7	4.5	1.7	1.6	2.0	1.7	2.2	2.3	1.4	1.6	1.3	1.4	1.6	1.6	2.1	2.0	1.7	1.6	1.5	1.6	2.9	2.8	3.0	2.9	1.5	1.6	1.2	1.3	12	16	8	15	24	32				
20	1.60	1.80	4	1.3	1.5	3.6	3.4	1.5	1.5	1.7	1.5	1.9	1.9	1.3	1.4	1.1	1.0	1.4	1.4	1.8	1.6	1.5	1.5	1.4	1.4	2.3	2.2	2.4	2.3	1.4	1.4	1.1	0.0	6	5	5	4	24	20				
21	1.36	1.56	2	1.5	1.7	4.4	4.2	1.7	1.6	1.9	1.7	2.1	2.2	1.4	1.5	1.2	1.4	1.6	1.6	2.0	1.9	1.6	1.6	1.5	1.6	2.7	2.6	2.8	2.7	1.5	1.5	1.2	1.3	12	16	8	11	24	32				
22	1.28	1.48	4	1.5	1.7	4.3	4.1	1.7	1.6	1.9	1.7	2.1	2.2	1.4	1.6	1.2	1.4	1.5	1.5	2.0	1.9	1.6	1.6	1.5	1.5	2.7	2.6	2.8	2.7	1.5	1.5	1.2	1.3	15	19	60	76	40	60				
23	1.53	1.73	4	1.3	1.5	3.2	3.0	1.5	1.4	1.6	1.5	1.8	1.8	1.2	1.4	1.1	1.2	1.4	1.4	1.7	1.6	1.5	1.4	1.4	1.4	2.2	2.1	2.2	2.1	1.4	1.4	1.1	0.0	6	5	4	4	24	20				
24	1.20	1.40	3	1.4	1.7	4.5	4.3	1.7	1.6	1.9	1.7	2.1	2.3	1.3	1.6	1.3	1.2	1.6	1.6	2.0	2.0	1.7	1.6	1.5	1.6	2.8	2.7	2.8	2.8	1.5	1.6	1.2	1.1	19	16	57	48	36	45				
25	1.30	1.50	3	1.3	1.6	3.7	3.5	1.6	1.5	1.8	1.6	1.9	2.0	1.2	1.5	1.0	1.2	1.5	1.5	1.9	1.7	1.6	1.5	1.4	1.5	2.4	2.3	2.4	2.4	1.4	1.5	1.0	1.1	12	15	8	15	35	45				
26	1.62	1.82	4	1.2	1.3	2.5	2.4	1.4	1.3	1.5	1.4	1.6	1.6	1.2	1.3	1.0	0.0	1.3	1.3	1.6	1.4	1.4	1.3	1.3	1.3	1.8	1.8	1.8	1.8	1.3	1.3	1.0	0.0	3	3	2	1	12	12				
27	1.57	1.77	4	1.2	1.3	2.1	2.0	1.3	1.3	1.4	1.3	1.5	1.5	1.1	1.3	1.0	0.0	1.3	1.3	1.4	1.4	1.4	1.3	1.3	1.3	1.6	1.6	1.7	1.6	1.3	1.3	0.9	0.0	3	3	1	1	4	4				

FIGURFÖRTECKNING

- 2.1 Preissman-spalten vilken används i DAGVL-A och DAGVL-DIFF.
- 3.1 Karta över Göteborgs centrum.
- 3.2 Avrinningsområde samt ledningsnät.
- 3.3 Ledningsnätets uppbyggnad och dimensioner samt numrering enligt DAGVL-DIFF.
- 4.1 Lundby mätstation.
- 5.1 Ytavrinning enligt STURE.
- 5.2 Hyetografer för regntyp 1, 2, 3 och 4 samt avrinningshydrograf för delområdestyp (1).
- 5.3 Exempel på hydrograf från ILLUDAS anpassad till STURE.
- 5.4 Tid-area samband vilket används av ILLUDAS.
- 5.5 Hydrografer för typområdena 1, 4 och 5 vid samma typregn.
- 6.1 Plottade maxflöden enligt ekvation 6.2 där F =återkomsttid.
- 6.2 Plottade maximala trycknivåer enligt ekv. 6.2
- 7.1 In- och utloppshydrograf för en ledning som funktion av tiden.
- 7.2 Numrering av ledningsnätet enligt NIVANETT.
- 7.3 Trycknivå längs ledningssträckan 2-27, för ett regn där DAGVL-DIFF har den lägre trycknivån.
- 7.4 Trycknivån som funktion av tiden för uppströms respektive nedströms brunn.
- 8.1 Återkomstperiod för Q_{kap} längs ledningsprofilen.
- 8.2 Trycknivåer samt flöden för återkomstperioderna 1, 2, 5,
- 8.3 10, 25, 50 och 100 år.

TABELLFÖRTECKNING

- 1.1 Utdrag ur VAV P28- - Anvisningar för beräkning av allmänna avloppsledningar
- 4.1 Utvalda regn som använts vid analysen
- 5.1 Typområden
- 5.2 Indelning av typregn
- 5.3 Tillrinningstider efter anpassning av ILLUDAS
- 7.1 Regn valda ur Lundby-data
- 7.2 Antal årliga fastighetsöversvämningar

REFERENSER

- (1) Arnell, v, 1982, Rainfall Data for the Design of Sewer Pipe Systems, CTH, Report Series A:8
- (2) Natural Environment Research Council, 1975, Flood Studies report, Vol.2, Meteorological Studies. NERC, London
- (3) Sjöberg, A, 1976, Beräkning av icke stationära flödesförlopp i reglerade vattendrag och dagvattensystem. Chalmers Tekniska Högskola, Meddelande nr 87, Göteborg
- (4) Lyngfelt, S, 1981, Dimensionering av dagvattensystem, RATIONELLA METODEN. Chalmers Tekniska Högskola, Geohydrologiska forskningsgruppen, Meddelande nr 56
- (5) Lyngfelt, S, On Numerical Solutions of the Kinematic Wave Equations used in Overland Flo Calculations. Chalmers Tekniska Högskola, Göteborg
- (6) Lindholm O, Johansson E, Hunstad M, Øren K., 1979 Dimensionering og planlegging av avløpssystem. Brukerinstruks for NIVANETT, 2 utgave. Norsk Institutt for Vannforskning, NIVA, rapport 0-78079, Oslo